

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Автомеханический техникум Ф – Методическое пособие курса лекций	Форма	

УТВЕРЖДЕНО

на заседании

Научно-педагогического совета

Автомеханического техникума

протокол № 6 от 29.01. 2020 г.

Юдин А.В.

2020г.



Методическое пособие

Курса лекций «Контроль за соблюдением технологической дисциплины и эффективным использованием технологического оборудования в литейном производстве черных и цветных металлов»

Специальность (направление) 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов

Дата введения в учебный процесс УлГУ:

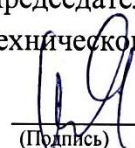
« 01 » 09 2019 г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	ПЦК (наименование цикла, отделения)	Учетная степень, звание
Петухова Светлана Николаевна, преподаватель высшей квалификационной категории	спец дисциплин технического направления	

СОГЛАСОВАНО

Председатель ПЦК Спецдисциплин
технического направления


(Подпись)

Забиров М. Н./
(ФИО)

« 10 » 01 2020 г.

Содержание

Введение.....	6
Тема: Общие сведения о литейных формах.....	8
Тема: Общие сведения: основы проектирования и изготовления модельных комплектов.....	11
Тема: Деревянные модельные комплекты.....	14
Тема: Металлические модельные комплекты.....	21
Тема: Пластмассовые модельные комплекты.....	28
Тема: Общие сведения: формовочные материалы и смеси.....	36
Тема: Формовочные пески.....	40
Тема: Формовочные глины.....	51
Тема: Связующие.....	56
Тема: Вспомогательные формовочные материалы.....	59
Тема: Формовочные и стержневые смеси.....	60
Тема: Противопригарные покрытия, пасты.....	63
Тема: Приготовление формовочных и стержневых смесей.....	72
Тема: Контроль формовочных и стержневых материалов и смесей.....	81
Тема: Общие сведения: изготовление литейных форм.....	89
Тема: Ручная формовка.....	92
Тема: Машинная формовка.....	103
Тема: Изготовление форм на автоматических формовочных линиях.....	116
Тема: Элементы литниковой системы.....	133
Тема: Способы подвода расплава в форму и конструкции литниковой системы.....	136
Тема: Методы расчета литниковых систем для отливок из серого чугуна.....	149
Тема: Общие сведения: изготовление стержней.....	169
Тема : Конструкция стержней.....	171
Тема: Изготовление стержней в ручную.....	176
Тема: Изготовление стержней на машинах.....	180

Тема : Отделка, сборка, контроль, приемка и хранение стержней.....	187
Тема: Сборка форм.....	196
Тема : Крепление полуформ и расчет груза.....	198
Тема:Конструирование отливки.....	201
Тема: Жидкотекучесть.....	231
Тема: Усадка.....	234
Тема: Ликвация в отливках.....	248
Тема: Газы в отливках.....	253
Тема: Кристаллизация сплавов в форме. Внутренние напряжения в отливках....	256
Тема: Общие сведения: чугуны для получения отливок.....	272
Тема: Классификация серых чугунов. Влияние химического состава на структуру и свойства чугуна.....	276
Тема: Механические свойства чугуна для отливок. Модифицирование серого чугуна для отливок.....	280
Тема: Высокопрочные чугуны. Легированные чугуны.....	286
Тема: Металлическая шихта.....	289
Тема: Топливо. Флюсы.....	291
Тема: Расчет шихты.....	293
Тема: Основы плавки в вагранке.....	307
Тема: Интенсификация процесса плавки. Контроль плавки.....	315
Тема:Плавка в электродуговых печах.....	326
Тема: Плавка в индукционных тигельных печах.....	332
Тема : Плавка в индукционных канальных печах.....	338
Тема : Заливка форм.....	346
Тема: Охлаждение отливок и выбивка их из формы. Очистка отливок.....	347
Тема: Обрубка и зачистка отливок. Термическая обработка чугунных отливок...	350
Тема: Контроль качества отливок. Управление качеством выпускаемой продукции.....	354
Тема: Причины возникновения и меры предупреждения дефектов и способы исправления дефектов отливок.....	358

Тема : Особенности технологии формовки.....	363
Тема: Плавка белого чугуна. Очистка отливок.....	369
Тема: Углеродистые стали.....	377
Тема :Легируемые стали.....	380
Тема: Устройство литниковых систем и прибылей.....	384
Тема :Расчет литниковых систем и прибылей.....	404
Тема: Плавка в мартеновских печах.....	408
Тема:Плавка в основных и кислых дуговых печах.....	413
Тема: Плавка в индукционных печах.....	418
Тема: Заливка, очистка и термическая обработка стальных отливок.....	429
Тема: Состав и свойства медных сплавов.....	433
Тема: Особенности плавки медных сплавов.....	442
Тема: Состав и свойства алюминиевых сплавов.....	444
Тема: Особенности литейной формы. Плавка алюминиевых сплавов и заливка форм.....	453
Тема: Состав и свойства магниевых сплавов.....	464
Тема: Особенности литейной формы.....	476
Тема: Плавка магниевых сплавов.....	479
Тема: Общие сведения.....	481
Тема : Изготовление оболочковых форм и стержней.....	484
Тема : Сборка и заливка форм и стержней.....	489
Тема: Литье по выплавляемым моделям.....	490
Тема :Изготовление моделей.....	491
Тема: Изготовление литейной формы.....	496
Тема :Технология изготовления отливок.....	498
Тема:Плавка и заливка металла в формы, выбивка и очистка отливок.....	499
Тема:Литье в кокиль.....	500
Тема: Кокили.....	504
Тема: Особенности литья различных сплавов.....	505
Тема: Литье под давлением и штамповка жидких сплавов.....	507

Тема: Пресс-формы.....	511
Тема:Машины литья под давлением.....	517
Тема: Технологические режимы.....	520
Тема: Литье под низким давлением.....	525
Тема: Штамповка жидких сплавов.....	526
Тема: Центробежное литье.....	528
Тема:Формы и машины.....	530
Тема: Непрерывное литье.....	534
Тема : Электрошлаковое литье.....	538
Тема: Отбеленное литье.....	539
Тема:Литье выжиманием.....	540
Тема: Положение формы в период заливки.....	542
Тема: Определение поверхности разъема формы.....	545
Тема:Разработка чертежа отливки.....	546
Тема :Конструирование стержней.....	553
Тема: Технические условия на изготовление модельного комплекта. Выбор жеребейки.....	562
Тема : Определение габаритов опок.....	583
Тема: Расчет литников.....	585
Тема: Расчет прибылей.....	592
Тема: Анализ технологичности конструкции детали.....	603
Тема: Продолжительность охлаждения отливки в форме.....	606
Тема: Холодильники.....	609

Введение

Литейное производство – основная заготовительная база современного машиностроения. Выжить и развиваться в конкурентной борьбе литейное производство может лишь постоянно стремясь к повышению качества отливок (геометрической точности, служебных характеристик, минимизации припусков на мехобработку), производительности труда, уменьшению трудозатрат и доли ручного труда за счет комплексной механизации и автоматизации производства, снижению металлоемкости заготовок, улучшению их товарного вида. В настоящее время литейному производству России нужна серьезная модернизация, т.к. износ основных фондов большинства отечественных предприятий составляет более 70%. В России существуют уникальные условия для развития машиностроения и, следовательно, литейного производства. Ни одна страна в мире не имеет таких запасов сырья, квалифицированных кадров и емкого рынка, как Россия..

Произошедшие изменения, как в технологии литейного производства, так и в управленческом анализе, потребовали приспособления существовавшей методики проектирования к современным условиям. Единственным критерием организации, существования и развития литейного производства сейчас является не потребность предприятия в отливках, не наличие простаивающих производственных мощностей, а экономический эффект от производства. Поэтому любой технологический или организационный вопрос, возникающий в производственной практике, необходимо рассматривать как технико-экономическую задачу. Согласно целям реконструкции, критериями оптимальности следует считать минимальную себестоимость продукции и минимальные капитальные вложения. Литейный цех, как любая техническая система, состоит из двух частей: устойчивой скелетной части – оборудования и пластичной части – технологии. Технология изготовления отливки должна обеспечивать максимальный уровень качества, возможный в рамках применения установленного в цехе оборудования при минимальных затратах. Становление рыночных отношений в российской экономике предъявляет новые требования к экономической подготовке студентов инженерных специальностей. В современных условиях ключевыми элементами организации производства и бизнеса являются система управления финансами и маркетинг.

Экономическая часть дипломного проекта, являясь завершающим этапом непрерывной экономической подготовки выпускников университета к самостоятельной инженерной деятельности, должна соответствовать условиям рыночной экономики. В настоящее время реальный спрос на продукцию литейного производства на порядок меньше по сравнению с тем, что планировалось при создании большинства заводов России. Недогруженные

основные фонды легли тяжким бременем на экономику предприятий. Кроме того, государственная политика открытости экономики для зарубежных поставщиков сделала жизненно важным для отечественного машиностроения создание конкурентоспособной техники, что вызывает необходимость в быстром изменении конструкций машин, а значит и гибкой технологии их производства. Перед предприятиями встал вопрос структурной перестройки производственной базы за счет ликвидации дублирующих технологий и недогруженных мощностей, концентрации производства на основе гибких технологических модулей, увеличения доли современного высокоэффективного оборудования.

Реконструкция технологической базы требует больших капиталовложений в виде средне- и долгосрочных инвестиций.

Литейное производство – одно из старейших и в настоящее время основных способов получения металлических деталей для различных отраслей промышленности. Литые детали используются не только в машино- и приборостроении, но и в домостроении и дорожном строительстве, а также являются предметами быта и культуры. Это обусловлено тем, что литьем можно получить детали из различных сплавов, практически любой конфигурации, структуры, макро- и микрогеометрией поверхности, массой от нескольких граммов до нескольких сот тонн, с разными эксплуатационными свойствами. При необходимости и экономической оправданности перечисленные показатели достигаются без применения других технологических процессов (механической обработки, сварки, термической обработки и другое). Основное направление совершенствования любого производства – модернизация известных и создание новых технологических процессов, уменьшающих расход материалов, снижающих затраты труда и энергии, улучшающих условия труда, устраняющих (или уменьшающих) вредное воздействие на окружающую среду и в конечном счете повышающих эффективность производства и качество продукции. В рассмотренном смысле литейное производство не является исключением. В настоящее время для получения литых деталей используют несколько десятков технологических процессов и их вариантов, обладающих достаточно широкой универсальностью или пригодных для изготовления узкой номенклатуры определенных отливок. Исторически сложилось деление этих процессов на традиционные, под которыми чаще всего подразумевают лишь литье в песчано-глинистые формы, и все остальные – специальные технологии литья. С ростом числа различных процессов и вариантов получения отливок все острее ощущается необходимость в более четкой и детальной их классификации по основным общим признакам.

Тема: Общие сведения о литейных формах

Отливка получается в результате заполнения полости литейной формы жидким металлом. После заливки жидкий металл охлаждается в форме и затвердевает, образуя отливку. Последовательность технологического процесса изготовления отливки рассмотрим на примере отливки чугунной втулки 1 (см. приложение 1) По чертежу втулки изготавливают деревянную модель 2.

Модель — это приспособление для получения в форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам отливки. Модели делают из дерева, металла, гипса, пластмассы и других материалов. Модель втулки состоит из двух половин, которые взаимно центрируются с помощью шипов и гнезд. Отверстие втулки 1 выполняется стержнем 3.

Стержень — это часть литейной формы. Его изготавливают из стержневой смеси, уплотняемой в ящике 4. После извлечения из ящика стержень подвергают сушке в печи. При сборке формы сухой стержень устанавливают стержневыми знаками в соответствующие гнезда формы, полученные с помощью знаков 5 модели 2. Длина стержня больше длины полости отливки на величину знаков. Литейную форму для втулки собирают из двух полуформ: верхней 6 и нижней 7. Полуформы изготавливают из формовочной смеси, уплотняемой в чугунных или стальных рамках 8, которые называют опоками. Изготовление литейной формы втулки. На подопочный щиток 9 устанавливают половину модели 2, по которой необходимо получить отпечаток в нижней полуформе, а также опоку 8.

Поверхность модели 2 и щитка 9 посыпают или опрыскивают разделительной жидкостью, после чего в опоку насыпают формовочную смесь и уплотняют ее. Излишек формовочной смеси счищают с поверхности уплотненной полуформы, опоку переворачивают на 180 градусов и устанавливают на подопочный щиток 9. Затем на нижнюю половину модели устанавливают верхнюю половину модели, на нижнюю опоку — верхнюю. Вновь посыпают поверхность модели разделительным песком, ставят модели литниковой системы, засыпают формовочную смесь в верхнюю опоку и уплотняют ее. Снимают верхнюю полуформу, извлекают половины моделей, устанавливают стержень и собирают форму. Для сборки формы опоки имеют специальные втулки 10, в которые входят центрирующие штыри. Жидкий металл при заполнении формы давит на стенки формы, в результате чего верхняя опока может подняться, и тогда по плоскости разъема образуется зазор, через который металл может вытекать из формы. Для предупреждения этого верхнюю полуформу крепят к нижней скобами 12, а иногда ставят на верхнюю опоку груз.

При заливке жидкий металл поступает в полость 13 формы по литниковым каналам. Систему каналов, подводящих металл в форму, называют литниковой. Литниковая система состоит из стояка 14 (вертикального канала), шлакоуловителя 15 и питателя 16, через который металл поступает в полость формы. К литниковой системе относится также выпор 17. Выпор служит для выхода из формы воздуха и газов, а также для контроля заполнения формы металлом. После затвердевания и охлаждения металла форму разрушают и освобождают отливку от формовочной смеси, отрезают литники и поверхность отливки очищают от формовочной смеси. Описанную выше литейную форму называют разовой, так как ее используют однократно. Обычно разовые литейные формы изготавливают из формовочных смесей, основной составляющей которых является кварцевый песок. В качестве связующей добавки, придающей прочность смеси, используют глину. Прочность таких смесей относительно невысока, а давление жидкого металла на стенки формы достаточно велико, поэтому формы из песчано-глинистых смесей приходится делать толстостенными. Однако, если в качестве связующего использовать специальные материалы, придающие высокую прочность формовочной смеси, то литейную форму можно сделать оболочковой (тонкостенной). Это позволяет резко сократить расход формовочной смеси, а также благодаря ее особым свойствам повысить точность и чистоту поверхности отливок. В разовых толстостенных формах из песчано-глинистых смесей можно получать отливки весьма сложной конфигурации массой от нескольких граммов до десятков тонн из различных сплавов как в условиях единичного, так и серийного и массового производства. Это объясняется относительной простотой технологического процесса, дешевизной используемых материалов, достаточной точностью отливок, хорошей чистотой поверхности, возможностями механизации и автоматизации процесса их изготовления. В литейном производстве применяют также формы, изготавливаемые из специальных высокоогнеупорных масс, например на основе графита. В таких формах можно получать до нескольких десятков отливок без существенного износа формы. Эти формы называются полупостоянными. Их применяют при мелкосерийном производстве отливок из чугуна и цветных сплавов (алюминиевых, медных). Для массового и крупносерийного производства стойкость этих форм недостаточна, а для единичного производства высока стоимость их изготовления. Широкое применение находят металлические формы, называемые также постоянными. В этих формах можно получать от нескольких десятков до нескольких тысяч отливок из стали, чугуна и цветных сплавов. Отливки могут иметь сложную конфигурацию и массу несколько тонн. Наиболее часто в металлических формах изготавливают отливки малой и средней (до нескольких десятков килограммов) массы из легких цветных сплавов.

Отливки, полученные в металлических формах, имеют чистую поверхность и повышенную точность размеров. Применение постоянных форм позволяет исключить формовочную смесь, улучшить условия труда, механизировать и автоматизировать производство. Однако стоимость металлических форм достаточно высокая, поэтому их применяют в условиях крупносерийного и массового производства отливок. Технологический процесс изготовления отливок в разовых формах широко распространен в литейном производстве. Он складывается из различных процессов, которые осуществляются в специальных цехах или отделениях литейного цеха (см. приложение 2). Технологический процесс изготовления отливки начинается с подготовки модельного комплекта: моделей или модельных плит, модельных щитков, стержневых ящиков, сушильных плит, шаблонов для проверки размеров формы и стержней, кондукторов к шаблонам для контроля правильности установки стержней в форме, опок, штырей и т. д. Модельный комплект изготавливают в модельном цехе или модельном отделении литейного цеха. Не менее важным звеном технологической цепи является подготовка материалов для изготовления литейной формы. Формовочными материалами называют материалы, применяемые для изготовления разовых и полупостоянных форм. Это пески, связующие и специальные добавки. Исходные формовочные материалы хранят на складе формовочных материалов в специальных емкостях и бункерах. При поступлении на склад обязательно проверяют соответствие их качества сертификату. Контроль качества формовочных материалов производят в специальных лабораториях. Процесс изготовления литейных форм называют формовкой. В литейном производстве используют ручную и машинную формовку: в единичном и мелкосерийном производстве – ручную формовку (формы изготавливают обычно по деревянным моделям), в поточно-массовом и серийном производстве – машинную (формы изготавливают на машинах по металлическим моделям).

Тема : Общие сведения: основы проектирования и изготовления модельных комплектов

Для изготовления отливок применяют большое число различных приспособлений, которые называют литейной оснасткой. Часть литейной оснастки, включающей все технологические приспособления, необходимые для получения в форме отпечатка модели отливки, называют модельным комплектом.

Модельный комплект состоит из моделей отливки и элементов литниково-питающей системы; стержневых ящиков; модельных плит для установки или крепления моделей отливки и литниковой системы; сушильных плит и приспособлений для доводки и контроля форм и стержней.

При формовке кроме модельного комплекта используют опоки и различные приспособления - наполнительные рамки, щитки, штыри, скобы и т.д. Поэтом, с понятием “формовочный комплект” , т.е. полный комплект оснастки, необходимый для получения разовой формы.

Модельные комплекты изготавливаются рабочими-модельщиками, как правило, высокой квалификации.

Модельный комплект должен удовлетворять следующим основным требованиям: 1) Обеспечивать получение отливки определенной геометрической формы и размеров; 2) Обладать высокой прочностью и долговечностью, т.е. обеспечивать изготовление необходимого числа форм и стержней; 3) Быть технологичным в изготовлении; 4) Обладать минимальной массой и быть удобным в эксплуатации; 5) Иметь минимальную стоимость с учетом стоимости ремонта; 6) Сохранять точность размеров и прочность в течение определенного времени эксплуатации.

Требуемые точность, прочность и долговечность модельного комплекта зависят от условий производства единичного, серийного, массового. В единичном и мелкосерийном производстве чаще всего используют деревянные модельные комплекты; в массовом и крупносерийном производстве - металлические модельные комплекты, которые хотя и дороже, но значительно долговечнее деревянных.

В серийном производстве во многих случаях успешно применяют модели из пластмасс, например эпоксидных смол, а также из гипса и цемента.

Металлические и пластмассовые модели в течение длительного срока службы сохраняют точность размеров, способствуют получению четкой конфигурации отливки, прочны и долговечны. Однако стоимость изготовления металлических и пластмассовых моделей в 3-5

раз превышает стоимость изготовления деревянных, поэтому их применение должно быть обосновано экономическим расчетом. Правильный, экономически обоснованный выбор материала для модельного комплекта позволяет существенно снизить себестоимость отливок. По способу изготовления литейной формы разделяют модельные комплекты для машинной и ручной формовки. Для ручной формовки модели могут иметь один-два и более разъемов, а также отъемные части. Для машинной формовки целесообразней иметь модели более простой конфигурации, без отъемных частей, с одним разъемом. По величине габаритных размеров модельные комплекты бывают мелкие, средние и крупные. Мелкие модели и стержневые ящики имеют максимальный габаритный размер до 500 мм, средние — 500—1500 мм, крупные — свыше 1500 мм. По сложности конструкции модельные комплекты классифицируют на простые, средней сложности и сложные. Простые — это неразъемные или разъемные мелкие и средние модели и стержневые ящики, имеющие прямолинейную или цилиндрическую форму. Количество стержневых ящиков в модельном комплекте один-два; в нем отсутствуют «фальшивки», щитки и шаблоны. Модели не имеют бобышек, взаимно пересекающихся отверстий, а также переплетений ребер. К модельным комплектам средней сложности относятся неразъемные или разъемные модели и стержневые ящики любого габаритного размера. Стержневые ящики и контуры моделей имеют несложные переходы, не требующие их выполнения по шаблонам с использованием ручного инструмента. В модельный комплект входят «фальшивки», щитки, прямолинейные и с незначительными искривлениями шаблоны. На моделях имеются бобышки, взаимно пересекающиеся отверстия и прямолинейные ребра. Сложные модельные комплекты - это модели и стержневые ящики любых габаритных размеров, имеющие сложные контуры, а также криволинейные переходы, выполняемые по шаблонам с применением ручного инструмента. Модели и стержневые ящики имеют бобышки, знаковые части, взаимно пересекающиеся отверстия, прямолинейные и криволинейные ребра. В модельный комплект обязательно входят щитки и шаблоны. По роду материала, применяемого для изготовления модельных комплектов, их классифицируют на деревянные, металлические и неметаллические (пластмассовые, гипсовые, пенополистироловые и др.). Материал для модельного комплекта выбирают в зависимости от типа производства и серийности заказа на изготовление отливок. Модельные комплекты изготавливают по рабочим чертежам деталей с нанесенной на них литейной технологией. Для обработки древесины в модельных цехах применяют деревообрабатывающие станки; заготовки и детали металлических и неметаллических (пластмассовых) модельных комплектов обрабатывают на металлорежущих станках.

Модельный комплект—приспособления, включающие литейную модель, модели литниковой системы, стержневые ящики, модельные плиты, контрольные и сборочные шаблоны. Литейная модель—приспособление, с помощью которого в литейной форме получают отпечаток, соответствующий конфигурации и размерам отливки.

Применяют модели разъемные и неразъемные, деревянные, металлические и пластмассовые. Размеры модели больше размеров отливки на величину линейной усадки сплава. Модели деревянные (сосна, бук, ясень) лучше изготавливать не из целого куска, а склеивать из отдельных брусочков с разным направлением волокон, для предотвращения коробления. Достоинства: дешевизна, простота изготовления, малый вес. Недостаток: недолговечность. Для лучшего удаления модели из формы ее окрашивают: чугун – красный, сталь – синий. Металлические модели характеризуются большей долговечностью, точностью и чистой рабочей поверхностью. Изготавливаются из алюминиевых сплавов – легкие, не окисляются, хорошо обрабатываются. Для уменьшения массы модели делают пустотелыми с ребрами жесткости.

Модели из пластмасс устойчивы к действию влаги при эксплуатации и хранении, не подвергаются короблению, имеют малую массу.

Стержневой ящик—формообразующее изделие, имеющее рабочую полость для получения в ней литейного стержня нужных размеров и очертаний из стержневой смеси. Обеспечивают равномерное уплотнение смеси и быстрое извлечение стержня. Изготавливают из тех же материалов, что и модели. Могут быть разъемными и неразъемными (вытряхными), а иногда с нагревателями.

Изготовление стержней может осуществляться вручную и на специальных стержневых машинах.

Модельные плиты формируют разъем литейной формы, на них закрепляют части модели. Используют для изготовления опочных и безопочных полуформ.

Для машинной формовки применяют координатные модельные плиты и плиты со сменными вкладышами (металлическая рамка плюс металлические или деревянные вкладыши).

Тема: Деревянные модельные комплекты

Однако древесина как модельный материал обладает рядом положительных свойств: малой плотностью, хорошей обрабатываемостью, способностью к склеиванию, удержанию лака и красок, низкой стоимостью. Вместе с тем древесина имеет неоднородное строение, способна поглощать и испарять влагу; при этом изменяются ее объем и механические свойства, она коробится. Указанные недостатки древесины можно частично устранить выбором соответствующих сортов дерева, режимом её сушки и обработкой при изготовлении моделей.

В зависимости от назначения и срока службы модели изготавливают из различных пород дерева: мягких, небольшой и средней твердости, твердых.

Липа — очень мягкое дерево, легко обрабатывается, обладает низкой прочностью и большой гигроскопичностью, кроме того, имеет большую усушку; применяется для мелких и средних моделей.

Ольха — сравнительно мягкое дерево, легко обрабатывается, имеет небольшую усушку и коробление, применяется для промоделей (модель для изготовления модели), мелких и средних моделей, стержневых ящиков, а также моделей с тонкими стенками и ребрами.

Сосна — хорошо обрабатывается, обладает небольшой усушкой и незначительным короблением, применяется для средних и крупных моделей любой сложности, а также стержневых ящиков, шаблонов, кондукторов и т.д.

Ель — очень трудно обрабатывается; поверхность модели после обработки получается негладкой, особенно в торцовой части, сильно коробится. Ель применяется, главным образом, для изготовления крупных или неответственных моделей, для моделей различных приспособлений и стержневых ящиков.

Береза — хорошо обрабатывается на токарном станке, сильно коробится, имеет большую усушку, гигроскопична, сравнительно быстро гниёт. Поверхность модели после обработки получается очень гладкой. Береза применяется для мелких изделий и частей моделей, имеющих форму тел вращения (стержневых знаков, бобышек, ободьев шкивов и т.д.), а иногда и для облицовки средних и крупных моделей.

Клен — трудно обрабатывается, имеет высокую твердость, небольшую усушку и незначительное коробление. Поверхность модели после обработки обычно получается чистой и гладкой. Клен применяется для мелких ответственных моделей в единичном и серийном производстве, а также для облицовки ответственных частей крупных и средних моделей, для изготовления промоделей и модельных шаблонов.

Дуб — трудно обрабатывается, имеет высокую твердость, применяется для модельного и формовочного инструмента.

Фанера — березовая, ольховая или буковая 1-го сорта, хорошо обрабатывается, незначительно коробится, имеет чистую и гладкую поверхность, применяется для изготовления плоских тонкостенных моделей, модельных плит, рамок, щитков и других частей моделей.

Пластик древесный слоистый — материал типа фанеры, изготавливается в виде листов толщиной 1-12 мм и плит толщиной 15 мм, горячим прессованием березового шпона, пропитанного раствором синтетической смолы, после обработки имеет гладкую поверхность, малое коробление и небольшую гигроскопичность, применяется для изготовления плоских тонкостенных моделей, модельных плит, рамок, щитков и др. частей моделей.

Согласно ГОСТ 8486–66, пиломатериалы делятся: на доски — если ширина превышает двойную толщину, бруски — если ширина не более двойной толщины, брусья — если толщина и ширина больше 100 мм.

Для предотвращения коробления деревянные модели и стержневые ящики изготавливают из высушенной древесины, кроме того, их рабочую поверхность покрывают нитроэмалями, а иногда лаком. Согласно техническим условиям, для моделей нельзя использовать древесину, имеющую пороки в виде сучков, ухудшающих обрабатываемость и механические свойства, гнили, трещин, косослоя, что снижает качество поверхности модели, увеличивает отходы и коробление моделей.

При естественной сушке используют движение окружающего воздуха, смывающего поверхность пиломатериала. Для сушки пиломатериалы укладывают в штабеля под навесами, на заранее подготовленные деревянные или бетонные фундаменты. Процесс сушки древесины длится для мягких пород дерева до 2-х лет, для твердых — до 4-х и более. Преимущество естественной сушки в том, что нет надобности в специальном оборудовании, а недостаток — в длительности процесса сушки и возможности загнивания материала.

Наиболее распространенным способом сушки является искусственная сушка подогретым воздухом в специальных сушилах. Преимущества этого способа в том, что сокращается продолжительность сушки, влажность древесины доводится до требуемой величины согласно техническим условиям, и качество древесины повышается. К недостаткам следует отнести значительные затраты на специальное оборудование, а также большой расход пара. Для сушки применяют камерные сушила: паровые, газовые и электрические.

Наиболее распространены воздушно-паровые: в них воздух нагревается перегретым паром при помощи труб, калориферов или батарей. Конструкция сушильных камер безопасна в пожарном отношении, кроме того, обеспечивает необходимую температуру и влажность воздуха в камере, удобна и надежна в эксплуатации. Воздушно-паровые сушилки бывают периодического и непрерывного действия (туннельные). Сушилки обоих типов имеют естественную или принудительную циркуляцию воздуха. Сушку древесины целесообразно производить в сушилках периодического действия. Продолжительность цикла сушки зависит от породы дерева, его толщины и влажности. Чтобы устранить коробление пиломатериалов в процессе сушки, их предварительно пропаривают. Для этого в камеру подают влажный пар. Пропаривание производят до 3-х раз. Мягкие породы древесины сушат при температуре 40 – 75 °С, твердые при 35 – 55 °С.

Чтобы предотвратить появление изменений в структуре поверхностных слоев древесины, увеличивающих твердость и ухудшающих обработку, температура сушки не должна превышать 80°С. Продолжительность сушки в камерных сушилках мягких пород 5–8 дней, твердых 8–10 дней. Продолжительность сушки в электрических сушилках с использованием токов высокой частоты составляет всего несколько часов; при этом древесина высушивается равномерно, не коробится и не имеет трещин.

Влажность древесины, употребляемой для моделей, не должна превышать 8-12 %. В процессе сушки древесины происходит ее усушка. Древесина усыхает неравномерно: в продольном направлении 0,1-0,3 %, в радиальном 3-8 % и в направлении по касательной к годичным слоям 5-12 %.

По неразъемным моделям можно получить отпечаток, соответствующий конфигурации отливки, целиком в одной полуформе. Формовка по таким моделям требует специальных приемов, усложняющих изготовление формы. Поэтому обычно применяют разъемные модели, состоящие из частей (половин), по которым производят формовку в отдельных полуформах, собираемых перед заливкой.

Конструкция модели зависит от способа формовки. Модели машинной формовки должны иметь плоский разъем, минимальное число отъемных частей. В этом случае отверстия, полости и углубления в отливке выполняются стержнями. Модели для ручной формовки могут иметь отъемные части, криволинейный разъем. Модели для машинной формовки пригодны и для ручной формовки.

По сложности изготовления модели разделяют на простые, средней сложности, сложные, очень сложные. Простые – это небольшие неразъемные или с плоским разъемом модели без отъемных частей.

К моделям средней сложности относятся модели с криволинейными поверхностями и небольшим числом стержней, к сложным и очень сложным моделям – крупные модели с криволинейными поверхностями для тонкостенных отливок с большим числом стержней. Деревянные модели и стержневые ящики делят по прочности на три класса.

По первому классу делают ответственные модели и стержневые ящики с повышенной точностью, а также модели для серийного производства. Модели изготавливают из бука, клена, дуба и других твердых пород. Тонкие части моделей выполняют из алюминия. Отъемные части в моделях для ручной формовки крепят на металлических шипах (шпонах) типа ласточкина хвоста. Поверхность модели тщательно отделывают и покрывают последовательно не менее 3 раз лаком.

По второму классу прочности делают модели для мелкосерийных производств и модели сложных единичных отливок. Модели изготавливают из сосны, липы и др. пород дерева 1 и 2-го сорта. Стержневые ящики выполняют разъемными. Тонкостенные модели выполняют с модельными плитами. Поверхность модели тщательно отделывают и покрывают 2 раза лаком.

Модели изготавливают по 3-му классу прочности для ручной формовки единичных отливок, изготавливаемых из ели, сосны, липы и других пород дерева. Отдельные части модели соединяют клеем или гвоздями. Минимальное число съёмов форм составляют с моделей первого класса – 150, второго – 30 и третьего — 5.

По точности изготовления деревянные модели делят на 3 класса: I, II, III.

Точность обуславливается величиной отклонения размеров модели от указанных на чертеже. Отклонения могут быть в сторону увеличения размера – верхнее отклонение (+) или уменьшения – нижнее отклонение (-). Получить и сохранить высокую точность деревянных моделей труднее, чем металлических, т.к. древесина впитывает влагу, набухает, а затем также легко высыхает. Точность деревянных моделей связана с их конструкцией и прочностью.

Прочная модель лучше сохраняет точность. Поэтому, например, модели 1-го класса точности должны быть изготовлены по 1-му классу прочности.

В серийном производстве делают одновременно два-три модельных комплекта (дублера), которые попеременно находятся в работе и в ремонте. Эти комплекты должны быть взаимозаменяемы, т.е. стержневые ящики одного комплекта должны подходить к модели другого и наоборот. Взаимозаменяемость возможна только при изготовлении модельных комплектов с отклонениями в пределах допусков для данного класса точности.

Деревянные модели и стержневые ящики выполняют по рабочим чертежам детали, на которых технолог-литейщик обозначает цветными карандашами, в соответствии с нормами на оформление чертежа отливки, место и величину припусков на механическую обработку, контуры стержневых знаков модели, устанавливает их размеры, форму и номера стержней. Поверхность разъема формы на чертеже указывают стрелками с надписями «Верх» и «Низ». Чертеж детали, таким образом, превращается в технологический чертеж отливки. В соответствии с технологическим чертежом отливки модельщик вычерчивает модель на деревянном щитке или на фанере, а иногда острой чертилкой на алюминиевом (А1) листе.

На чертеже модели вычерчивают отливку и ее сечения в натуральную величину по специальному усадочному метру без размеров и штриховых линий. Так же, как и на технологическом чертеже отливки, модельщик указывает припуски на механическую обработку, знаковые части стержня, формовочные уклоны, положение поверхности разъема форм. По чертежу модели определяют величину заготовки, размечают и изготавливают шаблоны, а также контролируют размеры моделей, стержневых ящиков в период их изготовления и при приемке ОТК цеха.

Кроме того, модельщик продумывает технологический процесс изготовления модели, намечает заготовки для частей модели и метод соединения их. После выполнения чертежа модели модельщик приступает к изготовлению модельного комплекта.

Чтобы при извлечении модели форма не разрушалась, вертикальные стенки модели делают с уклонами. С такими же уклонами делают и стенки стержневых ящиков.

Галтели. Сопряжение стенок в отливках должно быть плавным, углы не должны быть острыми. Скругления внутренних углов поверхностей отливки называются галтелями, а наружных – закруглением. Галтели облегчают извлечение модели из формы, предотвращают появление трещин и усадочных раковин в отливке. Радиус галтели необходимо принимать от $1/5$ до $1/3$ средней арифметической толщин двух стенок, образующих угол модели.

При изготовлении моделей I класса прочности галтели вырезают в теле модели. На модели II класса прочности галтели клеивают, на моделях III класса прочности выполняют из замазки. На крупных моделях галтели $r \geq 15$ мм допускается делать при помощи маяков (унок), устанавливаемых на расстоянии 800 — 1000 мм друг от друга.

Для обработки дерева применяют циркулярные и ленточные пилы, станки: фуговальные, рейсмусовые, фрезерные, шлифовальные, шинорезные.

Циркулярный круглопильный станок используют для продольной и поперечной распиловки досок и брусков.

Ленточный станок применяют для прямолинейной и криволинейной распиловки досок.

Пиломатериалы подают вручную под режущую кромку движущегося вертикально замкнутого ленточного полотна. Для безопасной работы ленточное полотно вместе со шкивами ограждают кожухом из металлической сетки.

Фуговальный станок применяют для обработки плоскостей брусков и досок. На плите стола станка находится вал с пластинчатыми ножами, который вращается от электродвигателя.

Перемещением плиты стола с помощью винтов устанавливают определенную толщину срезаемой стружки. Доски на фуговальный станок подают вручную с прижимом доски к плите.

Рейсмусовый станок (строгальный) применяется для строгания поверхности доски и для выравнивания ее толщины. Обычно на рейсмусовых станках строгают доски. Рейсмусовый строгальный станок имеет стол, перемещающийся по вертикали для установки заданной толщины обстругиваемой доски, вал с ножами, который вращается от электродвигателя. Доска к ножевому валу подается специальными валиками и роликами.

На фрезерных станках обрабатывают криволинейные поверхности деревянных заготовок, особенно для стержневых ящиков, которые имеют большое число криволинейных поверхностей. Фрезерные станки бывают нескольких типов: вертикальные, горизонтальные и копировальные.

Шлифовальный станок применяют для шлифования лентой или шкуркой деревянных заготовок моделей и стержневых ящиков. Шлифовальные станки бывают различных конструкций: ленточные, дисковые и комбинированные.

В современных цехах применяется электрофицированный инструмент, значительно облегчающий труд модельщика. Наиболее распространены следующие инструменты: дисковая электрическая пила модели И-78 с редуктором для обрезки заготовок, пропиливания пазов и других работ, ленточная электропила, электрорубанок, электрофреза, электроразвертка, а также инструмент для электрошлифования поверхностей моделей. Мерительный инструмент: усадочный метр, угольник, рейсмус, циркуль, кронциркуль, нутромер, штангенциркуль.

Усадочные метры изготавливают длиной больше обыкновенного метра на величину усадки сплава отливки.

Угольником проверяют прямые углы и размечают перпендикулярные линии на брусках и досках. Угольник состоит из колодки и вставленной в нее под прямым углом тонкой линейки.

Малка — металлическая или деревянная служит для проверки различных углов и для разметки, состоит из колодки и линейки (пера), соединенной с колодкой шарнирным винтом.

Рейсмус необходим для проведения параллельных линий на брусках и досках.

Кронциркулем измеряют наружные размеры тел вращения, а также толщину изделий.

Нутромером — диаметры отверстий, углубления и расстояния между отдельными частями модели.

Штангенциркулем размечают окружности больших размеров.

Окраска модели по ГОСТу 2413-67.

Красная — для отливок из чугуна, серая — из стали, желтая — из цветных сплавов.

Окрашивают поверхности, не подвергающиеся механической обработке.

Поверхности, подвергающиеся механической обработке, — черные круглые пятна по красному, серому, желтому фону.

Знаки окрашивают черным цветом. Сопряжение моделей с отъемными частями окрашивают — делают окантовку сопряжений черной полосой.

Поверхности скрепляющих частей моделей и стержневых ящиков, отпечаток которых в формах и стержнях подлежит заделке, окрашивают следующим образом: проводят черные полосы по красному, желтому или некрашеному фону в виде штриховки под углом.

Поверхности прибылей, элементов литниковой системы, приливов для отбора проб и образцов отделяют от основного фона модели черной полосой по контуру сопрягаемых элементов. Окраску моделей производят в специально изолированных от цеха помещениях, снабженных хорошей приточно-вытяжной вентиляцией и противопожарным оборудованием, так как лаки являются вредными и огнеопасными веществами. Окрашенный модельный комплект маркируют в соответствии с ГОСТ 2413 — 67. Для этого на нерабочую поверхность моделей и стержневых ящиков прибавляют цифры и буквы из тонкой листовой латуни.

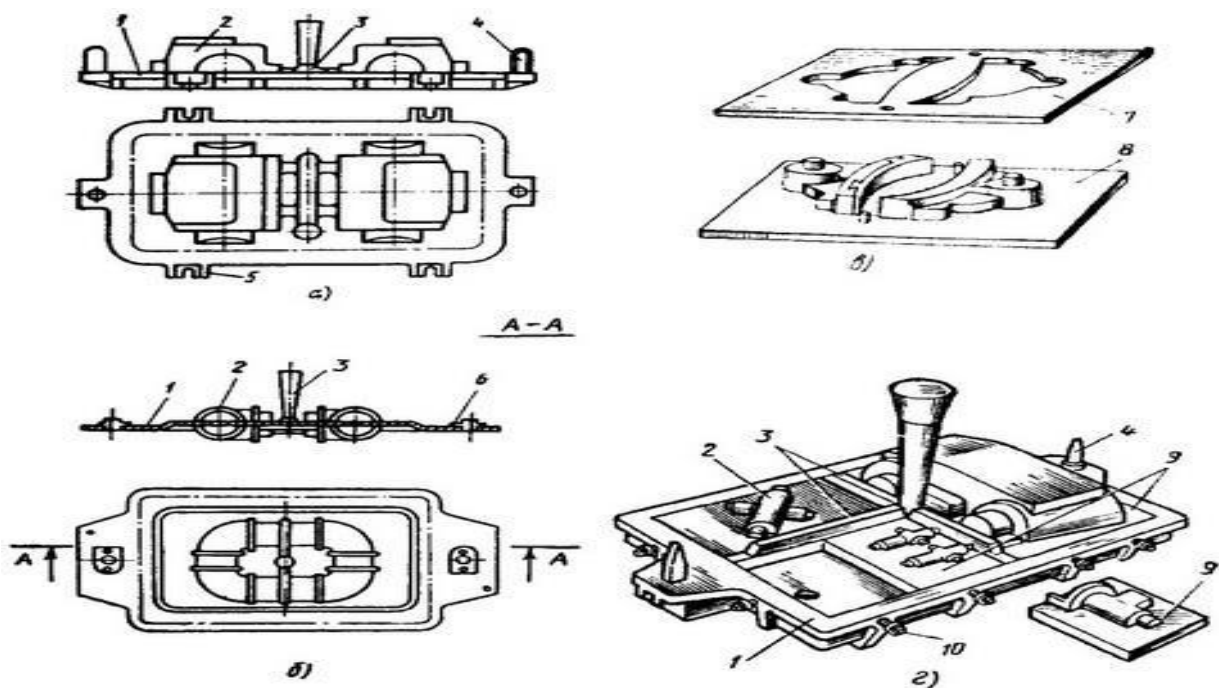


Рисунок 1 - Деревянный модельный комплект

Тема: Металлические модельные комплекты

В массовом и крупносерийном производстве применяют металлическую модельную оснастку.

Металлическая оснастка, по сравнению с деревянной, имеет большую начальную размерную точность, которую она сохраняет в течение длительной эксплуатации. Повышенная чистота рабочих поверхностей литейных моделей и стержневых ящиков, по сравнению с деревянными, способствует получению отчетливого отпечатка модели в форме и стержней с четко выраженными очертаниями.

От качества и стоимости литейной оснастки зависит не только качество и стоимость отливок, но также и стоимость обработки отливок и эксплуатация литых деталей. Машинная формовка и новые технологические процессы (оболочковое литье, литье под давлением и др.) увеличивают потребность в металлической оснастке и предъявляют к ней новые требования.

Металлическую модельную оснастку по назначению делят на две группы: 1-я группа — это приспособления, которые используют при изготовлении формы для отливок только одного определенного наименования. К таким приспособлениям относятся модельные плиты, стержневые ящики, драйеры и калибры для их подгонки, кондукторы для зачистки стержней, шаблоны и приспособления для контроля и сборки стержней.

2-я группа — это приспособления, которые можно использовать при изготовлении форм для отливок разного наименования. К ним относятся опоки, жакеты, допрессовочные головки, подопечные и сушильные плиты, штыри для сборки форм, скобы для скрепления частей формы и т.д.

В крупносерийном и массовом производстве отливок наиболее полный комплект металлической модельно-опочной оснастки включает следующие объекты: 1 – модельные плиты, 2 – стержневой ящик, 3 – газоотводные плиты, 4 – сушильные плиты, плоские, стандартные и фасонные драйеры, 5 – приспособления для зачистки стержней – кондукторы, 6 – инструмент стандартный — измерительный и специальный для проверки стержней, 7 – модели холодильника, 8 – опоки или жакеты для стержневых форм и для безопочной заливки, 9 – инструмент и приспособления для сборки форм, 10 – подопечные плиты, 11 – подпрессовочные плиты, 12 – штыри и скобы для соединения частей формы. Комплект металлический модельно-опочной оснастки в зависимости от вида разовой формы, метода изготовления формы и сложности отливки может включать разное число объектов различного назначения. Чем сложнее отливка, тем большее число объектов входит в комплект модельно-опочной оснастки.

Требования, предъявляемые к модельной оснастке. Прежде всего точность изготовления модельной оснастки должна быть значительно выше требуемой точности изготовления по данной оснастке отливки.

Требования по точности исполнения моделей, стержневых ящиков, опок, модельных плит изложены в соответствующих ГОСТах и нормалях. ГОСТом 11961–66 установлены три класса точности обработки рабочих поверхностей моделей и стержневых ящиков соответственно принятым классам точности изготовления отливок.

В течение эксплуатации объекты модельной оснастки должны сохранять размерную точность. Поэтому материал объектов должен быть износостойким. При массовом производстве отливок необходимо иметь дублиеры модельно-опочной оснастки.

Модельная оснастка должна быть, по возможности, дешевой. Одним из факторов, снижающих стоимость оснастки, является ее технологичность в изготовлении.

Классификация модельной оснастки. Развитие литейного производства идет по пути изыскания новых методов получения отливок, усовершенствования литейной технологии и увеличения масштабов производства. Все это приводит к большому разнообразию применяемой модельно-опочной оснастки, усложнению конструкции, ее отдельных объектов и требует в эксплуатации более надежной конструкции оснастки. Соответственно с этим классификация оснастки значительно усложняется, поскольку классификационные

признаки становятся более разнохарактерными и число их увеличивается. Для металлической модельной оснастки наиболее важными классификационными признаками являются: метод изготовления формы и стержней; требуемая точность обработки оснастки; конструктивная общность отдельных объектов; технологическая однородность изготовления отдельных объектов оснастки.

Основные факторы, непосредственно влияющие на конструкцию, материалы и требования, предъявляемые к отдельным объектам оснастки, это:

- 1) вид формы или стержня, для изготовления которых предназначается оснастка;
- 2) метод изготовления формы и используемое оборудование.

Металлическую модельную оснастку применяют для изготовления форм основных трех видов: сырых песчаных, стержневых, оболочковых. Оснастка для каждого вида форм имеет свои отличительные признаки: по конструкции, материалам, классу точности и чистоте обработки, а также по номенклатуре оснастки, входящей в комплект. Например, при литье в оболочковые формы модельные плиты в основном изготавливают из чугуна и стали, тогда как при литье в сырые песчаные формы модели и модельные плиты изготавливают в основном из алюминиевых сплавов. Точность и чистота обработки поверхности модельных плит и стержневых ящиков при литье в оболочковые формы выше, чем при литье в сырые формы. Кроме того, при литье в оболочковые формы не применяют опок. Есть еще и некоторые другие отличительные признаки.

Методы изготовления разовых форм и стержней, применяемые в массовом и серийном производствах, довольно разнохарактерны. Каждый метод требует определенного типа формовочных машин или комплекса машин. Например, для изготовления форм применяют встряхивающие формовочные машины, формовочные прессы с высоким давлением: пескометы, пескодувные и пескострельные машины.

Каждому типу машин соответствует определенный порядок выполнения операций при формовке, свои конструктивные особенности и размеры. Каждый тип формовочной машины предъявляет к модельной оснастке свои специфические требования, в результате которых конструкции объектов оснастки, предназначенных для определенного типа формовочных машин, присущи определенные конструктивные особенности. Например, для изготовления сырых песчаных форм широко применяют комплекты модельных плит с протяжным устройством, с конструктивными схемами, отличными одна от другой. Модельные плиты для изготовления оболочковых форм снабжают толкательными устройствами и нагревательными элементами.

Таким образом, классификационными признаками для отдельных объектов модельного комплекта являются: метод изготовления формы или стержня и тип формовочной машины, для которой предназначаются модельная плита, опока или стержневой ящик.

Отдельные объекты модельных комплектов по конструктивному выполнению (цельнолитые модельные плиты для безопочной формовки, открытые и закрытые стержневые ящики для ручной формовки, опоки для прессовых машин и т.д.) необходимо объединять в отдельные, завершающие классификационную схему группы. Признаком объединения в такие завершающие группы может быть только технологическая однородность объектов оснастки. Например, цельнолитые модельные плиты для безопочной формовки – одна группа, а наборные – вторая группа, открытые стержневые ящики для ручной формовки – одна группа, закрытые – вторая и т.д.

Таким образом, классификацию металлической модельной оснастки необходимо производить по каждому объекту в отдельности. В основу классификации должны быть положены конструктивная общность и технологическая однородность изготовления.

Материалы, применяемые для изготовления металлической модельной оснастки, должны отвечать различным требованиям, предъявляемым к отдельным объектам оснастки. Но основными требованиями ко всем

материалам являются следующие: обеспечение длительной эксплуатации объекта, сохранение его начальных геометрических форм в процессе эксплуатации, способность материала при изготовлении модели и стержневых ящиков четко воспроизводить все очертания рабочих поверхностей формы и стержня, материал должен быть сравнительно недорогой.

Алюминиевые сплавы обладают достаточной прочностью, износостойкостью, высокой коррозионной стойкостью и малой плотностью, легко обрабатываются механически и вручную, после обработки имеют гладкую поверхность. Эти свойства способствуют широкому применению алюминиевых сплавов для изготовления модельной оснастки. Из алюминиевых сплавов изготавливают модели и цельнолитые модельные плиты для получения сырых песчаных форм, драйеры, корпуса и вкладыши стержневых ящиков, не требующие нагрева, модельные плиты и жакеты для безопочной формовки, корпуса кондукторов для зачистки стержней.

Наибольшее распространение получили вторичные алюминиевые сплавы АЛ3В, АЛ7В, АЛ10В и АЛ14В

Чугуны марок СЧ18, СЧ15 также широко применяются для изготовления оснастки. Высокая прочность и износостойкость, хорошая обрабатываемость, гладкая поверхность после

обработки, невысокая стоимость чугуна способствуют широкому его применению. Чугун является основным материалом для изготовления моделей и стержневых ящиков, модельных плит для оболочкового литья, а также при пескодувном, пескострельном и пескочетном методах формовки и изготовления стержней. Чугун применяется для изготовления опок, сушильных плит, кондукторов для зачистки стержней. Чугунную модельную оснастку подвергают термообработке и естественному старению. Сталь марок 15Л – 45Л широко используют для изготовления модельных плит и цельнолитых опок, что экономически оправдывает себя благодаря высокой прочности стали и возможности заварки при ремонтных работах.

Бронза обладает высокими износостойкостью и неокисляемостью, имеет очень чистую поверхность после обработки, формовочная смесь не прилипает к поверхности бронзовой модели. Недостаток бронзы — большая плотность. Дефицитность исходных материалов и их высокая стоимость резко ограничивают применение бронзы для модельной оснастки. Бронзу и латунь применяют в особых случаях для изготовления мелких моделей вкладышей и вставок.

Модели металлические. Модель в значительной степени отличается по конфигурации и по размерам от получаемой по ней отливки и детали, изготавливаемой из этой отливки.

Прежде всего, модель, в зависимости от конструкции отливки, метода получения отливки и конструкции модельной плиты, может быть разъемной и неразъемной. Если она разъемная, то она может состоять из двух частей и более.

Чем же отличается модель от отливки?

- 1) знаками;
- 2) формовочными уклонами на вертикальных стенках модели;
- 3) припусками на механическую обработку;
- 4) припусками на величину усадки.

Конструкция модели должна быть легкой и в то же время достаточно жесткой, что особенно важно при изготовлении полуформ на прессовых машинах с высоким давлением. Этому требованию удовлетворяют облегченные модели, снабженные для жесткости ребрами, расположенными во внутренней полости.

При уменьшении массы моделей для оболочкового литья прежде всего следует обеспечить требуемую теплоемкость и теплопроводность модели, а также необходимую величину контакта поверхности модели с плитой и потоком тепла от нагревателей.

В соответствии с ГОСТом 13138-67 исходными данными для определения толщины тела модели являются ее длина L и ширина B , определяющие средний габаритный размер модели и материал модели.

По ГОСТу 13138-67 толщина стенок алюминиевых моделей должна быть минимум 8 мм, а максимум 18 мм, чугуновых соответственно 6 и 10 мм. При этом максимальный габаритный размер чугуновых моделей 1000 мм. Стандартом допускается увеличение толщины стенок моделей для изготовления полуформ под высоким давлением до 35 %. Модели со средним габаритным размером до 160 мм допускается изготавливать монолитными (без облегчения).

Рабочая полость стержневых ящиков является формой, в которой из стержневой смеси изготавливают стержень необходимых размеров и очертаний.

Как и модель, гнездо стержневых ящиков отличается размерами и формой от полостей литой детали, образуемых стержнем. Размер гнезда увеличивают на величину усадки отливки. Для свободного удаления стержня из гнезда на соответствующих его поверхностях предусматривают формовочные уклоны. На обрабатываемые поверхности литой детали, образуемые стержнем, в стержневых ящиках предусматривают соответствующие припуски. Для образования знаков в гнезде ящика имеются дополнительные углубления или выступы. По конструкции стержневые ящики делятся на два основных типа:

1. Неразъемные стержневые ящики, так называемые вытряхные.
2. Разъемные ящики, которые при удалении стержня разбираются на две или большее число частей.

Наиболее распространенные конструкции – это:

- а) открытые односторонние вытряхные без вкладышей и с вкладышами ящики. Такие стержневые ящики выполняют многогнездными и одногнездными;
- б) открытые односторонние стержневые ящики с вертикальной плоскостью разъема,
- в) открытые разъемные с горизонтальными или вертикальными плоскостями разъема,
- г) закрытые глухие разъемные ящики.

Полость этих ящиков, заполняемая смесью, закрыта со всех сторон. Смесью заполняют каждую половину гнезда в отдельности, а затем половины соединяют, образуется единый стержень. Закрытый стержневой ящик для пескодувных машин заполняется смесью только после его сборки.

Выбор типа стержневого ящика зависит от формы и размеров стержня. Метод изготовления стержня также оказывает непосредственное влияние на выбор конструкции ящика для конкретного стержня. Каждому из этих типов стержневого ящика свойственны определенные направления заполнения смесью полости ящика и отделения ящика от

стержня, а также определенная поверхность сушки стержня, если он сушится уже после удаления из ящика. При выборе типа стержневого ящика конструктор должен проанализировать соответствие того или иного типа ящика для получения в нем конкретного стержня при заданном способе его изготовления.

Выбор направления заполнения ящика смесью зависит в значительной степени от принятого для данного стержня метода его заполнения, от установки холодильников и каркасов. Отверстие для заполнения стержневого ящика смесью должно иметь такие размеры и быть расположено относительно всей полости ящика так, чтобы установка каркасов, выполнение газоотводных каналов, а в случае необходимости и установка холодильников в стержне не вызывали затруднений. Направление отделения ящика от стержня или направление разъема частей ящика необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы ящик делился на меньшее число частей и имел меньше вкладышей. Это уменьшает стоимость ящика и повышает производительность при изготовлении стержней. Необходимо считаться с тем, что и вкладыш, и особенно их гнезда в ящике быстро изнашиваются в местах взаимного соприкосновения, а ремонт гнезд вкладышей – процесс достаточно сложный. В результате износа вкладышей и гнезд по контуру их соприкосновения образуются неровности, что приводит к необходимости дополнительной отделки готового стержня.

Направление отделения ящика от стержня и направление разъема частей ящика должны способствовать тому, чтобы формовочные уклоны меньше сказывались на искажении формы и размеров стержня. Для обеспечения равномерной толщины стенок отливки величина и направление формовочных уклонов в стержневом ящике и в модели должны соответствовать друг другу.

В крупносерийном и массовом производстве отливок применяют различные методы изготовления стержней. Ящики в зависимости от метода изготовления стержней делятся на ящики для ручной и машинной формовки, для работы на пескодувных машинах и на ящики для изготовления оболочковых стержней.

Каждый метод оказывает свое влияние на конструкцию ящиков и на требования, предъявляемые к их конструкции, материалам и т.д. При всех методах изготовления стержней процесс формообразования сводится главным образом, к заполнению смесью, уплотнению смеси в ящике и последующему удалению из ящика стержня.

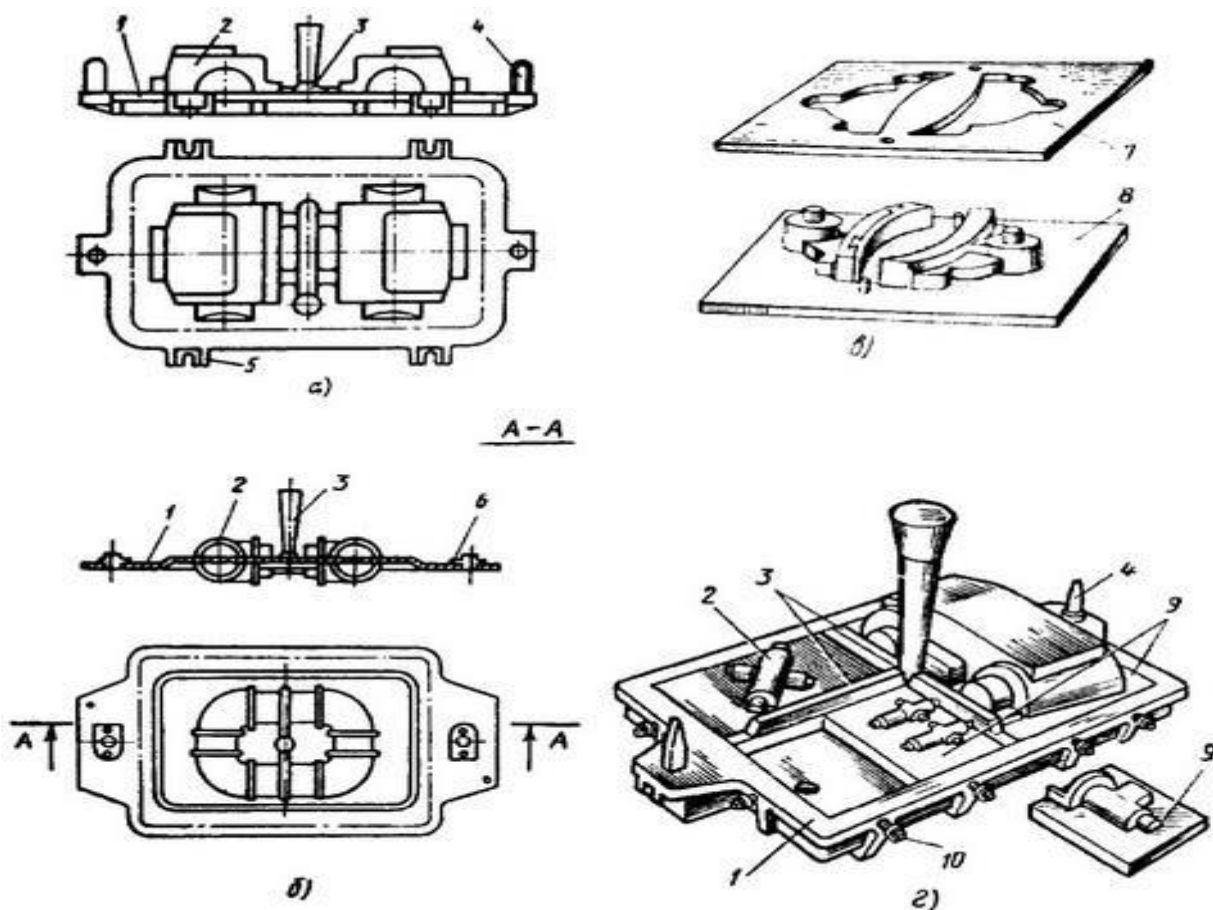


Рисунок 2 .Металлический модельный комплект

Тема: Пластмассовые модельные комплекты

В литейном производстве широко используют пластмассовую модельную оснастку. Практика изготовления и эксплуатации этой оснастки доказала преимущества ее перед оснасткой из дерева и металла. Применение пластмассы сокращает в 2-3 раза сроки изготовления средних и крупных моделей и стержневых ящиков, причем используемое оборудование значительно дешевле и проще оборудования для оснастки из металла. Пластмассовые модели и стержневые ящики обладают малой плотностью, высокой прочностью и износостойкостью, что позволяет, использовать их в серийном и массовом производстве, при эксплуатации сохраняют необходимые геометрические размеры и не подвергаются коррозии. Гладкие рабочие поверхности моделей и стержневых ящиков способствуют легкому отделению от них формовочной смеси.

Для изготовления модельной оснастки применяют в основном пластмассы на эпоксидных и полиэфирных смолах, акриловые самотвердеющие пластмассы марок АСТ – Т и ТШ и стеклопластики.

Эпоксидные смолы — это искусственные смолы, получаемые в виде жидких, вязких или твердых продуктов конденсации в результате реакции хлорированных глицеринов с определенными фенолами в щелочной среде. Физическое состояние смол зависит от соотношения компонентов, участвующих в реакции.

В литейном производстве используют эпоксидные смолы марок ЭД — 5 и ЭД- 6 и смолы марок Эпокси-1200 и Элокси-2100.

Для модельной оснастки применяют композицию, состоящую из эпоксидной смолы, наполнителя, отвердителя и пластификатора. Такие композиции называют компаундными. Эпоксидные смолы сравнительно дороги, поэтому в качестве основной массы в модельный компаунд вводят различные наполнители. Наполнители придают моделям и стержневым ящикам необходимую прочность, износостойкость, а также высокую твердость рабочим поверхностям.

В качестве наполнителей в модельные компаунды вводят металлические порошки и пылевидный кварц. Наполнители уменьшают усадку пластмассы до 0,1–0,3 %; наполнители мелкого помола придают стабильность свойствам компаунда и повышают прочность оснастки.

Пластификаторы придают затвердевшей эпоксидной пластмассе необходимую вязкость. Это позволяет моделям и стержневым ящикам значительно лучше переносить встряхивание, удары и дольше работать без ремонта. Наиболее распространенным пластификатором является дибутилфталат – прозрачная маслянистая жидкость. Введение пластификатора увеличивает также жизнеспособность компаунда в процессе его использования. Избыток пластификатора может значительно снизить физико–механические свойства пластмассы и повысить их усадку. В связи с этим его вводят в пределах 4-25 %. Эпоксидные смолы самостоятельно не отверждаются. Для получения твердой пластмассы в смолу вводятся специальные отвердители. Отвердители вызывают полимеризацию смолы, в результате чего пластмасса и приобретает определенные свойства. В зависимости от температурных условий, в которых должна происходить полимеризация смолы, применяются те или иные виды отвердителей. Для отверждения при температуре 20-25 °С в качестве отвердителей применяется гексаметилендиамин, полиэтиленполиамин и др. Для отверждения компаундов при температуре 60-130 °С (температуру полимеризации компаундов подбирают с учетом обеспечения технологических требований в отношении жизнеспособности компаунда и получения требуемых свойств пластмассы) применяют в качестве отвердителей малеиновый ангидрид, фталевый ангидрид, янтарный ангидрид и др. Выбор отвердителя зависит от назначения компаунда. Критерием для выбора отвердителя служит требуемая жизнеспособность

компаунда при определенных температурных условиях и необходимость получения пластмассы с определенными физико-механическими свойствами.

Количество отвердителя, необходимое для отверждения пластмассы, определяется расчетным путем. Все данные для расчетов имеются в технических условиях на эпоксидные смолы и отвердители.

Жизнеспособность эпоксидных компаундов колеблется от 1 до 3 часов, поэтому их готовят непосредственно перед употреблением. Пластмасса, в которую входят эпоксидная смола, наполнитель, пластификатор и отвердитель, обладает высокими механическими свойствами, низким коэффициентом трения, высокой адгезией к различным материалам, малой плотностью ($1,3 — 1,8 \text{ г/см}^3$) и очень малой усадкой. Благодаря малой усадке значительно повышается точность изготовления из эпоксидных смол оснастки. Высокая коррозионная стойкость оснастки очень важна для условий ее эксплуатации и хранения в литейном цехе. Ремонт оснастки сводится к зачистке дефектных мест и накладыванию на них эпоксидного компаунда которому после отверждения придается необходимая форма и размеры.

Акриловые самотвердеющие пластмассы АСТ-Т и ТШ состоят из двух компонентов: порошка и жидкости. Порошкообразный компонент при смешении с жидким растворяется в нем, превращается в вязкую однородную массу и затем необратимо затвердевает, образуя устойчивый полимер. Пластмасса затвердевает в течение 15-20 мин. Во избежание пористости и набухания затвердевание пластмассы должно происходить под давлением 500-700 МПа. После затвердевания пластмасса обладает необходимой прочностью и износостойкостью.

Для увеличения теплопроводности и абразивной стойкости в пластмассы вводятся те же наполнители, что и в компаунды, составляемые на основе эпоксидных смол.

Стеклопластики – это слоистый материал, изготавливаемый из стеклянных волокон, пропитанных высокомолекулярным связующим – полиэфирной или эпоксидной смолой.

Модели и стержневые ящики изготавливают из стеклопластиков полыми, что резко сокращает расход дорогостоящих смол. Оснастка из стеклопластиков значительно дешевле оснастки из других пластмасс.

Пластмассовые модели и стержневые ящики получают заливкой (свободной или под давлением) компаунда в специальную форму. Рабочие поверхности пластмассовых моделей и ящиков не подвергают механической обработке, поэтому размеры формы должны обеспечивать получение в ней пластмассовой отливки определенной точности.

Процесс изготовления моделей и стержневых ящиков из пластмасс состоит из следующих операций:

- 1 – изготовление деревянной или металлической мастер-модели или непосредственно деревянной формы;
- 2 – изготовление формы для отливки моделей и ящиков;
- 3 – приготовление соответствующего компаунда для пластмассы;
- 4 – заливка или запрессовка в форму компаунда и после его отверждения удаление модели из формы;
- 5 – термическая обработка модели;
- 6 – механическая обработка разъема модели и отделка модели.

Мастер-модели для получения форм изготавливаются из дерева или алюминиевого сплава.

Деревянные мастер-модели изготавливаются для получения пластмассовых моделей (стержневых ящиков), имеющих простую форму и требующих малую точность в размерах – не выше 3-го класса точности по ГОСТ 1855–55 и 2009–55.

Металлические мастер-модели применяются при изготовлении пластмассовых моделей и стержневых ящиков, сложных по форме и требующих точности размеров по 2-му классу. Требования к этим мастер-моделям в части размеров, формовочных уклонов и чистоты поверхностей остаются такими же, как и к обычным мастер-моделям.

Формы для изготовления пластмассовых моделей могут быть постоянными, полупостоянными и разовыми.

Постоянные формы изготавливаются из формопласта – в гипсовой оболочке, из эпоксидопескомассы или металлические, полупостоянные из гипса, цемента и дерева.

Разовые – из песчаной смеси.

Рассмотрим процесс изготовления основных видов форм.

Формопластовые формы при удалении из нее отлитой модели легко деформируются, а затем очертания формы и ее размеры полностью восстанавливаются.

Для изготовления форм применяется формопласт марки СМТУ МХП 2742–53. Это темно-желтая студенистая масса, изготавливается из искусственных смол. Вследствие способности формопласта легко деформироваться формы для получения пластмассовых моделей изготавливаются двухслойные. Первый слой, образующий рабочую часть формы, изготавливается из формопласта, а второй – укрепляющий слой изготавливается из гипса. Второй слой является своего рода каркасом формы. Сам процесс изготовления формы схематически протекает в следующем порядке. Металлическая мастер-модель прикрепляется к металлической плите. Затем на плиту устанавливается конусный или

разборный жакет. Расстояние между промоделью и жакетом 25–30 мм. Расплавленный в масляной бане формопласт заливают в полость, образуемую жакетом и промоделью до уровня верхней кромки жакета. После отверждения формопласта жакет снимают с формопласта и вместо него устанавливают второй жакет большего размера. Полость, образуемая между стенками жакета и формопластом, заполняется сметанообразным раствором гипса. После затвердевания гипса промодель вынимают из полученной формы, жакет снимают, форму окончательно высушивают, зачищают и она становится пригодной для изготовления по ней пластмассовых моделей.

Материалом для изготовления форм из эпоксидпескомассы служит смесь кварцевого песка с эпоксидным компаундом. На покрытую разделительным составом мастер-модель кистью наносится облицовочный слой эпоксидного компаунда без наполнителя; после полимеризации нанесенного слоя наносится такой же второй слой. После полимеризации второго слоя вокруг мастер-модели устанавливается жакет, который и заливается уже эпоксидпескомассой, состоящей из одной части эпоксидного компаунда и двух частей кварцевого песка. После отверждения формы ее слегка подогревают, разделительный слой на мастер-модели расплавляется, мастер-модель удаляется из формы, а рабочая поверхность формы полируется фланелью.

Изготовление гипсовых форм ведется следующим образом. Гипсовая форма изготавливается также в жакете. В зависимости от размера мастер-модели размер от нее до жакета должен быть 25–100 мм. Внутренние поверхности жакета, мастер-модели и плита смазываются разделительным составом.

Для предупреждения протекания раствора гипса под жакет его необходимо плотно пригнать по плите и затем надежно прижать к ней. Раствор гипса должен иметь такую консистенцию, чтобы раствор четко заполнил все углубления у промодели и четко оформил все ее выступающие части. Для упрочнения в гипсовый раствор можно вводить 20–25 % портландцемента.

Готовый раствор за один прием спокойно заливают в полость жакета до верхнего уровня. Через 15–30 мин (в зависимости от сложности промодели) жакет с гипсовой формой отделяют от промодели. В случае необходимости, промодель с плитой слегка подогревают для расплавления смазки. После отделки рабочих поверхностей, форму тщательно просушивают. Сушка формы производится либо при нормальной температуре в течение до трех суток, либо в термостате при температуре 65–70 °С в течение 8–10 ч.

У высушенной формы, рабочие поверхности покрывают очень, тонким слоем воска или парафина, которые образуют хороший разделительный слой между поверхностью формы и заливаемой туда пластмассой.

Изготовление пластмассовых моделей и стержневых ящиков. При изготовлении пластмассовых моделей в формах применяют три метода их получения: 1 – литьевой; 2 – наполнительный; 3 – контактный.

При литьевом способе применяют три способа получения моделей: свободную заливку пластмассы в форму; запрессовку компаунда пластмассы в форму пуансоном на прессе под давлением в $50\text{--}60 \text{ кгс/см}^2$ и заливку формы шприцем под давлением.

Свободная заливка осуществляется следующим образом. Подготовленную форму накрывают стальной плитой толщиной не менее 10 мм с несколькими отверстиями диаметром 20–25 мм. Подготовленный к заливке модельный состав (компаунд пластмассы с наполнителем) через одно из отверстий в плите заливается в форму. Воздух из формы при заливке выходит через остальные отверстия, имеющиеся в плите.

Получение моделей методом запрессовки модельного состава в форму пуансоном происходит следующим образом. Модельный состав, в определенном количестве, заливается в форму, установленную на стол пресса, и пуансоном, образующим форму внутренней – нерабочей поверхности модели, модельная масса под давлением $50\text{--}60 \text{ кгс/см}^2$ запрессовывается во все углубления формы. Этот метод позволяет получать четко оформленные модели с тонкими и высокими ребрами, бобышками и т. п. элементами на поверхности модели.

При заполнении формы модельной массой из шприца, процесс получения модели протекает следующим образом: на подготовленную форму устанавливается металлическая плита с отверстием, шприц, наполненный модельной массой, центрируется по отверстию в плите и модельная масса впрессовывается в полость формы, в количестве, обеспечивающем заполнение всей полости формы. Удаление воздуха из формы может осуществляться через специальные отверстия в плите или по разъему формы.

Модели, полученные методом прессования или шприцевания, имеют более высокую чистоту рабочих поверхностей и большую прочность по сравнению с моделями, полученными методом открытой заливки.

Учитывая особенности полимеризации акриловых пластмасс АСТ-Т и ТШ, модели из них не рекомендуется изготавливать методом свободной заливки, а только с применением давления, что значительно повышает физико-механические свойства пластмассы. Модели из эпоксидных компаундов после полимеризации подвергают термообработке по

специальному режиму. В результате термообработки увеличивается механическая прочность материала и увеличивается поверхностная прочность моделей, что способствует увеличению износостойкости рабочих поверхностей моделей. Термообработка способствует устранению напряжений и склонности к деформации, остающихся у моделей после их отливки.

Наполнительным способом пользуются только при изготовлении монолитных (без облегчения) моделей небольшого размера. Модельный состав при этом способе изготовления по своей консистенции более вязкий, чем применяемый при литьевом способе. У заполненной формы модельный состав должен несколько выступать над ее открытой плоскостью. Это позволяет произвести небольшую допрессовку модельного состава после заполнения формы. Для этой цели на выступающую поверхность модельного состава кладется стальная плита с небольшими отверстиями. Под весом плиты модельная масса уплотняется, а ее излишек выходит через отверстия в плите.

Контактный способ находит применение при изготовлении моделей, армируемых стеклотканью или стекловолокном. Применение такого армирования позволяет получить модель с высокой прочностью, что особо важно при наличии модели с тонкими выступающими частями.

Процесс изготовления моделей этим способом протекает следующим образом. На рабочую часть формы, покрытой разделительным составом, наносят облицовочный слой эпоксидного компаунда толщиной 1,5–3 мм. Не давая этому слою окончательно полимеризоваться (компаунд должен еще находиться в состоянии прилипаемости), на него укладывают слой стеклоткани или стекловолокна, пропитанных эпоксидным компаундом. Наложённый слой плотно утрамбовывается деревянной трамбовкой. При этом необходимо следить за тем, чтобы в наложенных слоях не оставались зазоры и воздушные пузыри. Количество армированных слоев колеблется в пределах трех в зависимости от размера модели. Оставшаяся незаполненная полость формы заполняется модельной массой с наполнителем. После полной полимеризации модель удаляется из формы и подвергается термообработке. Более технологичным и позволяющим получить более высококачественные армированные модели, является способ получения их под высоким давлением. Отличие его от описанного – ручного способа уплотнения заключается в следующем. После укладки в форму необходимого количества армированных слоев форму плотно закрывают эластичным листовым материалом (лучше резина). Сверху листа накладывается стальная плита с отверстиями и плотно прижимается к форме. Через отверстия в плите, в полость между плитой и эластичным листом подается под давлением воздух (можно и воду); эластичный лист плотно

прижимается к уложенным армированным слоям модели и уплотняет их. После необходимой, для затвердевания армированного слоя модели, выдержки, давление сбрасывается и модель, после удаления из формы, подвергается термообработке. Отлитые и термообработанные модели подвергаются обработке. Во-первых, обрабатывается плоскость разъема, на которой предусматривается специальный в 0,5–1 мм припуск. Обработка производится фрезерованием, строганием или шлифовкой. Рабочие поверхности моделей зачищаются очень мелкой наждачной бумагой, с тем, чтобы поверхности имели чистоту, обеспечивающую удаление модели из формы без повреждения последней. Пластмассовые модели обладают достаточной прочностью и это позволяет крепление и фиксирование моделей на плитах осуществлять примерно теми же способами, что и при монтаже металлических моделей: винтами снизу или сверху (рис. 4.1). При креплении снизу возможны два варианта. При первом варианте: в модель, при ее изготовлении в форме, заливается в заранее определенных местах необходимое количество стальных втулок с внутренней резьбой под крепежные винты. Эти втулки и используются для крепления моделей к подмодельной плите (рис. 4.1, а). При втором, варианте крепление осуществляется непосредственно в тело модели (рис. 4.1, б). В этом случае, в моделях сверлят по разметке отверстия под винты. Диаметр отверстий на 1–1,5 мм больше внешнего диаметра резьбы винта. Затем отверстия заполняются жидкотекучим эпоксидным компаундом, и в них вдавливаются, на необходимую глубину, винты, смазанные разделительным составом. После полимеризации компаунда винты выворачиваются из модели, в которой после этого остается необходимое количество резьбовых отверстий. Отверстия в плитах в обоих случаях сверлятся по разметке. Последующая установка моделей на плиту производится по разметке, а если верхняя и нижняя половинки модели имеют одинаковый контур, то по специальному шаблону. Крепление моделей сверху осуществляется сквозными болтами или винтами. Углубление для головки болта после монтажа заделывается тем же модельным составом, из которого изготовлена модель. Для предотвращения возможных горизонтальных смещений моделей на плите, модели, перед креплением винтами, приклеиваются к плите с помощью эпоксидного компаунда. Одним из вариантов крепления моделей является крепление их с помощью пластмассовых заклепок. В приклеенной к подмодельной плите модели, через плиту, сверлят отверстия на необходимую глубину и в просверленные отверстия заливается модельный компаунд. Благодаря адгезионным свойствам компаунда, затвердевшие «заклепки» достаточно прочно соединяют модель с подмодельной плитой, что позволяет использовать такой метод крепления и у модельных плит, предназначенных для машинной

формовки. Стержневые ящики из пластмасс изготавливаются двух типов: цельнолитые из пластмассы и сборные – гнездо из пластмассы, а корпус литой из алюминиевого сплава. Сборные стержневые ящики: алюминиевый литой корпус, пластмассовое гнездо и бронированная плоскость набивки в условиях массового производства. Выдерживают изготовление по ним до 30 000 стержней. Излишки выдавливаемой модельной массы счищаются с плоскости разъема стержневого ящика. После полимеризации массы стержень удаляется из образованного им гнезда. Плоскость набивки стержневого ящика затем фрезеруется или протачивается и на нее устанавливается стальная бронь. Крепление брони к корпусу ящика осуществляется таким же способом, как и к металлическому ящику. А в случае необходимости крепить бронь к пластмассовой плоскости гнезда, это крепление осуществляется винтами, как и при креплении пластмассовых моделей к плитам: винтами предварительно заливаемыми в пластмассовое гнездо ящика. Установленная бронь подвергается обработке по плоскости разъема и по контуру гнезда ящика. Изготовление таких стержневых ящиков требует в 2–3 раза меньше времени, нежели для изготовления металлических стержневых ящиков.

Тема: Общие сведения: формовочные материалы и смеси

Для изготовления литейных форм и стержней применяют смеси, в состав которых в различных сочетаниях и количествах входят разнообразные материалы: кварцевые и глинистые пески, формовочная глина, специальные связующие (крепители), противопопригарные, органические и другие добавки. В смеси входит также бывшая в употреблении (выбитая из опок) переработанная смесь, которую называют оборотной. Пески состоят из зерен минерала кварца (SiO_2) размером 0,06—1,0 мм с примесью (до 50%) глины и других материалов (окислы железа, полевые шпаты и др.). Кварц обладает большой твердостью и высокой огнеупорностью (температура плавления 1713°C). Являясь основой большинства формовочных и стержневых смесей, кварц придает им долговечность и огнеупорность. По ГОСТ 2138—56 различают пески кварцевые, содержащие до 2% глины и незначительное количество посторонних примесей, и

глинистые, содержащие до 50% глины. Глинистые пески делятся на тощие (2—10% глины), полужирные (10—20% глины), жирные (20—30% глины) и очень жирные (30—50% глины).

Формовочная глина — огнеупорный (температура плавления 1750—1787° С) связующий материал, основой которого является каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Глина состоит из очень мелких (размером около 0,001 мм) минеральных частиц чешуйчатой формы, которые с водой образуют клейкие растворы. Кроме глинистой составляющей, в глинах содержатся зерна кварцевого песка (до 50%).

Бентонитовая высококлейкая глина, основой которой является минерал монтмориллонит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Благодаря повышенной способности к впитыванию влаги клейкость бентонитовых глин в 2—3 раза выше, чем у каолинитовых.

Крепители — специальные связующие вещества, вводимые в стержневые и формовочные смеси, противопопригарные краски и другие вспомогательные составы с целью придания им прочности. Распространенными крепителями являются сульфитная барда, жидкое стекло, крепители СП, СБ и др.

Противопригарные материалы (графит, пылевидный кварц, молотый каменный уголь и др.), а также приготовляемые из них краски и пасты-натирки наносятся на рабочую поверхность форм и стержней с целью предупреждения пригара формовочных материалов к поверхности отливок. Графит и пылевидный кварц используют как припыл или вводят в состав красок и натирок. Каменный уголь вводят в состав формовочных смесей.

Противопригарное действие припылов и красок основано на их огнеупорности и состоит в предупреждении взаимодействия формовочного материала с расплавом, а каменного угля — на создании восстановительной среды и газовой прослойки между формой и расплавом.

Органические (выгорающие) добавки (древесные опилки, навоз, торф) вводятся в смеси для повышения газопроницаемости и податливости высушиваемых форм и стержней.

При изготовлении литейных форм, предназначенных для производства тяжелых и особо тяжелых чугуновых отливок и особенно отливок из нержавеющей, жаропрочных и других легированных сталей, используются шамот, хромистый железняк, магнезит, циркон и другие высокоогнеупорные материалы. Формовочные материалы, смешанные друг с другом в определенных количественных отношениях, называются формовочными или стержневыми смесями. К вспомогательным формовочным составам и материалам относятся формовочные краски, ремонтные составы, клеи и замазки, припылы и др., применяемые при отделке форм и стержней. На рис. 4 приводится классификация

формовочных материалов по их применению в литейном производстве. Литейная форма, как приемник расплава, должна обеспечивать условия для получения отливок хорошего качества. Поэтому, формовочные и стержневые смеси должны удовлетворять определенным требованиям, обладая рядом специальных свойств: пластичностью, влажностью, прочностью, газопроницаемостью, податливостью, огнеупорностью, текучестью и др.

Пластичность - способность смеси деформироваться под воздействием внешней нагрузки без нарушения целостности и сохранять полученную форму после снятия нагрузки. Пластичность необходима для отчетливого воспроизведения отпечатка модели или стержневого ящика. Требуемая пластичность достигается изменением в смеси содержания глины и воды.

Влажность - оказывает большое влияние на свойства смеси. Недостаток влаги приводит к снижению прочности смеси и к получению дефектов у отливок из-за осыпаемости стенок формы; избыток влаги приводит к снижению прочности формы и снижению газопроницаемости. Поэтому наибольшее влияние влажность оказывает на качество отливок, получаемых в сырых формах.

Прочность — способность уплотненной смеси сопротивляться внешним усилиям. Прочность смеси нужна для того, чтобы изготавливаемая форма не разрушалась при извлечении из нее модели, а также во время ее транспортировки и заливки. При недостаточной прочности смеси может произойти разрушение отдельных частей формы (обвалы), вследствие чего получится искажение конфигурации отливки.

Газопроницаемость - формовочных и стержневых смесей — способность пропускать газы благодаря наличию пор между зернами песка. Это свойство смеси необходимо для удаления из полостей формы водяных паров и газов, выделяющихся из самой смеси и из расплава во время заполнения формы и затвердевания отливки.

Податливость — способность литейных форм и стержней перемещаться (деформироваться) под действием сил, возникающих при усадке отливок. Недостаточная податливость приводит к образованию горячих трещин у фасонных отливок. Податливость зависит от структуры смеси, рода крепителя, плотности набивки смеси и др. Наибольшие требования податливости предъявляются к стержневым смесям.

Огнеупорность — свойство формовочных материалов не размягчаться и не расплавляться под воздействием высокой температуры расплава. Недостаточная огнеупорность формовочных и стержневых смесей приводит к образованию на поверхности отливок термического пригара, ухудшающего качество отливок и затрудняющего процесс очистки.

Термический пригар — корка на поверхности отливок, сцементированная сплавившимися легкоплавкими составами формовочной смеси.

Непригораемость - характеризует свойство формовочной и стержневой смеси легко отделяться от поверхности отливки в процессе выбивки форм и очистки. Это свойство смеси обуславливается взаимодействием ее составляющих с окислами заливаемого в форму расплава.

Долговечность — способность формовочных и стержневых смесей сохранять свои свойства после повторных заливок. Вследствие неравномерного нагрева смеси в форме, залитой расплавом, зерна песка в зонах высоких температур испытывают большие внутренние напряжения, что приводит к растрескиванию их и измельчению зернового состава оборотных смесей. Аналогично ведут себя и другие добавки, поэтому песчаная часть смеси при повторных заливках все больше обогащается мелкими фракциями, снижающими газопроницаемость и частично огнеупорность.

Глинистая часть смеси под воздействием высоких температур обжигается (теряет воду), а при повторных использованиях смеси присутствует как неактивное вещество, ухудшая ее свойства.

Текучесть — способность смеси под воздействием внешних нагрузок перемещаться из более уплотненных зон в менее уплотненные. Это свойство смеси имеет большое значение при изготовлении прессованием полуформ.

Выбиваемость — освобождение отливки из опоки и формовочной смеси после полного ее затвердевания и достаточного охлаждения. К трудновыбиваемым относятся жидкостекольные смеси, которые под воздействием высокой температуры спекаются в трудновыбиваемые комки. Выбиваемость смесей улучшают путем ввода специальных органических добавок.

Тема: Формовочные пески

Пески

Песками называют горные породы, существующие в природе в виде россыпей. К числу формовочных песков относят пески, образованные зернами тугоплавких, прочных и твердых минералов. На практике, главным образом, применяют пески, образованные зернами кварца. Кварц обладает высокой огнеупорностью (1713 °С), прочностью и твердостью (по шкале Месса — 7). Кварц является одной из форм существования кремнезема (SiO_2). Благодаря тугоплавкости, высоким механическим качествам, низкой химической активности, а также вследствие низкой стоимости, кварцевые пески широко применяют как основу формовочных и стержневых смесей.

Недостатком кварца является его способность к аллотропическим изменениям при нагреве и охлаждении. При 575° С β -кварц переходит в α -кварц, причем плотность кварца

уменьшается с 2,62 г/см³ до 2,56 г/см³ (объем кристалла увеличивается на 2,4%). При охлаждении нагретого α-кварца происходит обратное превращение. В области высоких температур (выше 870° С) происходят новые изменения кристаллического строения кремнезема и образуются новые минералы: тридимит, кристобалит, а выше 1470 С — аморфное кварцевое стекло.

Высокотемпературные превращения протекают медленно и требуют длительной выдержки песка при соответствующей температуре. В отсутствие катализаторов (например, СаО) эти превращения в формовочных смесях практически не наблюдаются. Наоборот, переход р-кварц α-кварц имеет место в каждом производственном цикле. В результате зерна песка, успевшие прогреться до 575° С, часто растрескиваются, что, в свою очередь, приводит к обогащению отработанной смеси пылевидными частицами. С целью повторного использования отработанной смеси и для восстановления ее свойств, после каждого производственного цикла в нее добавляют 3-15% свежего кварцевого песка.

Природные кварцевые пески не бывают свободными от загрязняющих их примесей: зерен полевого шпата, частиц слюды и других минералов. Полевой шпат и слюда содержат окислы щелочных и щелочно-земельных металлов. Эти минералы менее тугоплавки, чем кварц, и способны вместе с кварцем и окислами залитого металла образовывать сложные легкоплавкие силикаты (например, типа $raSi_2mFeO-pNa_{20}$).

Содержание полевых шпатов и слюд, особенно в песках, предназначенных для использования при литье стали, чугуна и других высокотемпературных сплавов, ограничивается.

В природных кварцевых песках часто содержится глина. Если эта глина обладает высокими качествами, то такая примесь может рассматриваться как полезная.

К числу важных природных свойств кварцевого песка, кроме минералогического состава, относится его зерновое строение, т.е. размер, форма и однородность образующих этот песок зерен. Зерновое строение песка очень влияет на его газопроницаемость, механические и технологические свойства. Перед зерновым анализом пески всегда отделяют от глины отмучиванием ее в воде, так как частицы глины обволакивают зерна кварца и искажают их размер. В воду в виде взвеси переходит не только глина, но и мелкие частицы любого другого состава (при стандартном способе отмучивания —

все частицы размером $\leq 0,022$ мм). Отделенную отмучиванием часть песка условно называют глинистой составляющей.

Формовочные пески классифицируют по содержанию глинистых составляющих, кремнезема и вредных примесей.

Пески с содержанием до 2% глинистых составляющих и не менее 90% SiO_2 называют кварцевыми песками. Пески, содержащие менее 90% кремнезема (полевые шпаты при этом составляют не менее 80% всех не кварцевых минералов) называют кварцевыми-полевошпатными. Пески, содержащие более 2% глинистых составляющих, называют глинистыми. Материалы, содержащие более 50% глинистых составляющих, относят к глинам.

После определения глинистой составляющей определяется крупность зерен песчаной основы и их однородность. Для этого остаток, получившийся после отмучивания глины, просеивают на ситах. Каждому ситы присвоен номер, соответствующий размеру стороны ячейки, выраженному в миллиметрах.

Рассев зерновой части песка производится на приборе, который сообщает стопке сит вращение в горизонтальной плоскости со скоростью около 300 об/мин. В приборе имеется устройство, производящее периодические удары (около 180 в минуту) по крышке стопки сит. Эти удары обеспечивают дополнительное встряхивание. После просева в течение 15 мин стопку разбирают и остатки каждого сита и с поддона, находящегося под нижним ситом, взвешивают. Если большая масса зерен (70%), называемая основной фракцией песка, остается на трех смежных ситах, то зерновую массу песка считают сосредоточенной. Если же основная масса песков распределяется более чем на трех смежных ситах, то структуру песка считают рассредоточенной. По величине зерен основной фракции пески делят на 8 групп.

В зависимости от остатков основной фракции на крайних ситах пески делят на две категории А и Б. К категории А относятся пески с большим остатком на крайнем верхнем сите (из 3-х смежных), к категории Б — пески с большим остатком на крайнем нижнем сите.

При маркировке песков на первом месте ставят класс, затем группу и категорию, например, 2К.02А. Песок этой марки относится к классу 2К, средней крупности

с основной фракцией, оставшейся на ситах 0315, 02 и 016; категория А показывает, что на сите 0315 остаток больше, чем на сите 016. Если исследуемый песок содержал бы 12% глинистых составляющих при прежнем зерновом составе, то его марка была бы П02А.

В особо сложных случаях кварцевые пески в формовочных смесях заменяют другими материалами, которые обычно выбирают так, чтобы они имели следующие преимущества перед кварцем:

1. Повышенные теплопроводность и теплоаккумулирующую способность, вызывающие быстрое понижение температуры отливки.
2. Химическую инертность по отношению к сплавам и окислам сплавов, способных взаимодействовать с кремнеземом.
3. Отсутствие аллотропических изменений при нагреве и, соответственно, меньшие изменения объема.

Применение этих материалов взамен кварцевых песков в формовочных смесях для крупного стального и частично чугунного литья позволяет получать отливки с чистой (без пригара) поверхностью, а также регулировать скорость кристаллизации отливок.

К материалам, заменяющим кварцевый песок, относятся хромит, хромомагнетит, циркон, оливинит, дунит и др.

Хромит (хромистый железняк) $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ плавится около 1850°C , обладает высокой теплоаккумулирующей способностью, инертен по отношению к окислам металлов, применяется для получения крупных стальных отливок с чистой поверхностью.

Хромомагнетит используют при отсутствии хромита, для чего бой хромомагнетитового кирпича подвергается размолу.

Циркон. Цирконовый песок обладает высокой огнеупорностью (плавится около 2000°C), высокой теплоаккумулирующей способностью, не взаимодействует с окислами металла. Эти свойства циркона позволяют получать стальные отливки без пригара.

Оливинит и дунит — магнезиальные силикаты. Минерал [оливин образует горную породу оливинит, содержащую, кроме оливина, серпентин, образующийся из оливина под действием кислорода воздуха и воды. В зависимости от содержания серпентина в оливините образуются различные породы. В литейном производстве применяют только породы, содержащие до 20% серпентина (оливинит) и 20-40% серпентина (дунит).

Температура плавления этих материалов 1750-1830° С, они инертны по отношению окислов железа. При замене ими кварцевого песка в формовочных смесях, стальные и чугунные отливки получаются без пригара.

Марки

- Формовочные пески в зависимости от массовой доли глинистой составляющей (частиц глинистых материалов и обломков зерен кварца и других минералов размером менее 0,02 мм) подразделяют на кварцевые (К), тощие (Т) и жирные (Ж).

Кварцевые и тощие формовочные пески подразделяют на группы в зависимости от массовой доли глинистой составляющей, диоксида кремния, коэффициента однородности и среднего размера зерна, жирные - от предела прочности при сжатии во влажном состоянии и среднего размера зерна.

- Кварцевые пески содержат до 2,0 % глинистой составляющей.

Группы кварцевых песков

Таблица 1- Доля глинистой составляющей

Группа	Массовая доля глинистой составляющей, %, не более
1	0,2
2	0,5
3	1,0
4	1,5
5	2,0

Таблица 2- Доля диоксида кремния

Группа	Массовая доля диоксида кремния, %, не менее
К ₁	99,0
К ₂	98,0
К ₃	97,0
К ₄	95,0

Группа	Массовая доля диоксида кремния, %, не менее
К ₅	93,0

Таблица 3- Коэффициент однородности

Группа	Коэффициент однородности, %
О ₁	Св. 80,0
О ₂	От 70,0 до 80,0
О ₃	» 60,0 » 70,0
О ₄	» 50,0 » 60,0
О ₅	До 50,0

Таблица 4- Размер зерна

Группа	Средний размер зерна, мм
01	До 0,14
016	От 0,14 до 0,18
02	» 0,19 » 0,23
025	» 0,24 » 0,28
03	Св. 0,28

- Тощие пески содержат от 2,0 % до 12,0 % глинистой составляющей.

Группы тощих песков

Таблица 5- Доля глинистой составляющей

Группа	Массовая доля глинистой составляющей, %, не более
1	4,0
2	8,0
3	12,0

Таблица 6 - Доля диоксида кремния

Группа	Массовая доля диоксида кремния, %, не менее
T ₁	96,0
T ₂	93,0
T ₃	90,0

Таблица 7- Предел прочности

Группа	Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, МПа
Ж ₁	Св. 0,08
Ж ₂	От 0,05 до 0,08
Ж ₃	» 0,05

- Жирные пески содержат от 12,0 % до 50,0 % глинистой составляющей.

Группы жирных песков .

- Обозначение марок кварцевых и тощих песков состоит из обозначений групп по массовой доле глинистой составляющей, массовой доле диоксида кремния, коэффициенту однородности и среднему размеру зерна.

Пример. 2K₁O₃02 - кварцевый формовочный песок с массовой долей глинистой составляющей от 0,2 % до 0,5 %, массовой долей диоксида кремния не менее 99,0 %, коэффициентом однородности от 60,0 % до 70,0 % и средним размером зерна от 0,19 % до 0,23 %.

- Обозначение марок жирных песков состоит из обозначений групп по пределу прочности при сжатии во влажном состоянии и среднему размеру зерна.

Пример. Ж₂016 - жирный формовочный песок с пределом прочности при сжатии во влажном состоянии от 0,05 до 0,08 МПа и средним размером зерна от 0,14 до 0,18 мм.

Технические требования

- Характеристики

- ✓ Формовочные пески должны соответствовать требованиям настоящего стандарта, техническим условиям на природные формовочные пески конкретных месторождений.

✓ По массовой доле влаги, концентрации водородных ионов водной вытяжки (рН), массовой доле вредных примесей и форме зерен кварцевые пески подразделяют на группы.

Массовая доля вредных примесей и форме зерен кварцевых песков

Таблица 8 - Доля влаги

Группа	Массовая доля влаги, %, не более
Сухие	0,5
Влажные	4,0
Сырые	6,0

Таблица 9- рН

Группа	рН
Кислые	До 6,2
Нейтральные	От 6,2 до 7,0
Щелочные	Св. 7

Таблица 10 - доля вредных примесей

Группа	Массовая доля вредных примесей, %, не более	
	Оксиды щелочных и щелочноземельных металлов (Na_2O , K_2O , CaO , MgO)	Оксиды железа (III) (Fe_2O_3)
Очень низкое	0,40	0,20
Низкое	0,80	0,40
Среднее	1,20	0,60
Высокое	1,60	0,80
Очень высокое	2,00	1,00

Таблица 11- Коэффициент угловатости

Группа	Коэффициент угловатости, ед., не более
Округлая	1,10
Полуокруглая	1,25
Угловатая	1,40

✓ По теоретической удельной поверхности и газопроницаемости кварцевые и тощие пески подразделяют на группы, указанные в табл. 12 и 13

Таблица 12 - Удельная поверхность

Группа	Теоретическая удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$, не менее
Высокая	15
Средняя	10
Низкая	5

Таблица 13- Газопроницаемость

Группа	Газопроницаемость, $\text{м}^2/\text{Па} \cdot \text{с}$, не менее
Очень высокая	550
Высокая	350
Средняя	200
Низкая	100
Очень низкая	30

✓ По массовой доле потери массы при прокаливании формовочные пески подразделяют на группы.

Таблица 14- Потеря массы

Группа	Потеря массы при прокаливании, %, не более
Низкие	0,2
Средние	1,0
Высокие	3,0

- ✓ Массовая доля сульфидной серы в кварцевых формовочных песках не должна превышать 0,05 % (определяют при геологической разведке новых месторождений).
- ✓ Формовочные пески не должны иметь посторонних включений: агломератов кварцитов и кварцевых песчаников, остатков растительных слоев, угля, торфа, известняка. - Маркировка

Транспортная маркировка - по ГОСТ 14192.

- Упаковка

- Формовочные пески влажностью до 0,5 % упаковывают в бумажные многослойные мешки по ГОСТ 2226. Горловины мешков зашивают машинным способом.

- Масса нетто одного мешка не должна превышать 30 кг.

Приемка

- Формовочные пески принимают партиями.

Партией считают количество песка одной марки массой не менее 50 т, оформленное документом о качестве, содержащим:

наименование предприятия-изготовителя или его товарный знак;

наименование и условное обозначение продукции;

номер и дату выдачи документа;

массу нетто партии;

номер партии;

дату отгрузки;

результаты испытаний;

обозначение настоящего стандарта.

- Для проверки соответствия качества формовочных песков требованиям настоящего стандарта проводят приемосдаточные испытания каждой партии по показателям, указанным в табл. 1 - 7. Для кварцевых песков дополнительно проводят испытания по массовой доле влаги и концентрации водородных ионов.

- Испытания формовочных песков по показателям табл. 2 проводят у поставщика не реже двух раз в неделю. Испытания формовочных песков по показателям табл. 10 - 14 проводят периодически у поставщика не реже одного раза в квартал.
- Для проверки соответствия качества формовочных песков требованиям настоящего стандарта от каждой партии отбирают не менее 8 точечных проб массой не менее 0,5 кг. Масса объединенной пробы должна быть не менее 4 кг.
- При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей проводят повторные испытания по этому показателю на объединенной пробе удвоенной массы, отобранной от той же партии. Результаты повторных испытаний распространяют на всю партию.

Методы испытаний

- Общие требования к методам испытаний, отбор и подготовка проб к испытанию - по ГОСТ 29234.0.
- Определение массовой доли глинистой составляющей - по ГОСТ 29234.1.
- Определение массовой доли диоксида кремния - по ГОСТ 29234.2.
- Определение коэффициента однородности и среднего размера зерна - по ГОСТ 29234.3.
- Определение предела прочности при сжатии во влажном состоянии - по ГОСТ 29234.4.
- Определение массовой доли влаги - по ГОСТ 29234.5.
- Определение pH - по ГОСТ 29234.6.
- Определение массовой доли оксида железа - по ГОСТ 29234.7.
- Определение массовой доли оксида кальция - по ГОСТ 29234.8.
- Определение массовой доли оксида магния - по ГОСТ 29234.9.
- Определение массовой доли оксидов калия и натрия - по ГОСТ 29234.10.
- Определение коэффициента угловатости и теоретической удельной поверхности - по ГОСТ 29234.12.
- Определение газопроницаемости - по ГОСТ 29234.11.
- Определение потери массы при прокаливании - по ГОСТ 29234.13.

- Определение массовой доли сульфидной серы - по ГОСТ 28177.
 - Транспортирование и хранение
 - Формовочные пески транспортируют в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на транспорте данного вида, техническими условиями погрузки и крепления грузов, утвержденными Министерством путей сообщения и ГОСТ 22235.
 - Формовочные пески в упакованном виде транспортируют в крытых транспортных средствах или на открытых подвижных составах на поддонах с покрытием термоусадочной пленкой.
- Мешки пакетируют в соответствии с ГОСТ 26663, ГОСТ 24597, ГОСТ 21650 и ГОСТ 22477.
- Допускается по согласованию изготовителя и потребителя транспортировать формовочные пески с массовой долей влаги менее 0,5 % в хоперах-цементовозах и цистернах-цементовозах.
 - Смерзшиеся формовочные пески выгружают с применением тепловых и механических средств восстановления сыпучести.
 - Формовочные пески с массовой долей влаги свыше 0,5 % хранят отдельно по маркам, с массовой долей влаги до 0,5 % - отдельно по маркам в крытых складских помещениях или бункерах.

Тема: Формовочные глины

Глина является наиболее распространенным связующим материалом в формовочных смесях. Формовочные глины, как и пески, относятся к осадочным горным породам. Они состоят из мельчайших частиц водных алюмосиликатов с размерами $< 0,022$ мм. Отличительной особенностью глины является способность набухать в воде, причем чем больше глина способна удерживать воды, тем выше ее связующие и пластические свойства. В зависимости от минералогического состава глины подразделяют на три вида: бентонитовые, каолиновые, а также каолиногидрослюдистые и полиминеральные (ГОСТ 3226—77). Наиболее широко распространены в литейном производстве каолиновые и бентонитовые глины. Бентонитовые глины обладают очень высокими связующими свойствами, так как способны удерживать большее количество воды, чем другие виды глин. Это позволяет при их применении в 2—3 раза сократить содержание глины в формовочных смесях и этим повысить огнеупорность и газопроницаемость смесей. Бентонитовые глины используют при изготовлении высококачественных формовочных смесей, смесей для

автоматических линий, где особенно необходимы смеси с высокими и стабильными свойствами. В связи с потерей кристаллизационной влаги при высоких температурах сушки (120—200 °С) бентонитовые глины необратимо теряют свою связующую способность, поэтому их применяют только для формовки по-сырому. Недостатком бентонитовых глин является и пониженная огнеупорность (1250—1300 °С).

Основным минералом каолиновых глин является каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, имеющий температуру плавления 1750—1787°С. Каолиновые глины характеризуются меньшей способностью к набуханию в воде.

Помимо основного минерала в состав глин входят кварц, полевой шпат, слюда, а также вредные примеси: Fe_2O_3 , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, $\text{CaO} + \text{MgO}$. Вредные примеси снижают огнеупорность глин, их термохимическую устойчивость.

По содержанию вредных примесей глины делят на три группы: с высокой T_1 средней T_2 и низкой T_3 термохимической устойчивостью.

Связующая способность глины оценивается пределом прочности смеси на сжатие во влажном и сухом состояниях. По величине предела прочности во влажном состоянии формовочные глины делят на три группы: П — прочносвязующая, С — среднесвязующая и М — малосвязующая. В обозначении марки глины первая буква означает вид глины по минеральному составу, вторая — группу по пределу прочности во влажном состоянии, первая цифра — подгруппу по пределу прочности в сухом состоянии, а буква Т с индексом — группу глины по содержанию вредных примесей. Например, каолиновая формовочная глина прочносвязующая во влажном состоянии, среднесвязующая в сухом состоянии, с высокой термохимической устойчивостью обозначается КП2Т1. Маркой БС1Т3 обозначают бентонитовую формовочную глину, среднесвязующую во влажном состоянии, прочносвязующую — в сухом состоянии, с низкой термохимической устойчивостью.

Формовочные глины служат для связывания зерен песка. К глинам относят горные породы, которые в своем естественном состоянии после увлажнения обладают высокой пластичностью. Они способны деформироваться без нарушения сплошности и сохранять приданную им форму после снятия внешних сил. Это их свойство объясняется тем, что глинистые частицы несут на своей поверхности электрический заряд и вокруг них образуются гидратные оболочки. Гидратные оболочки обеспечивают легкое скольжение одной частицы по другой, а также обуславливают сцепление глинистых частиц между собой, благодаря чему не нарушается сплошность материала при деформации.

Степень набухания глин в воде, т.е. количество удерживаемой ими воды зависит от основного минерала, входящего в состав глины, от величины частиц этого минерала и от присоединенных к нему веществ. Чем больше глина способна удержать на поверхности воды, тем выше ее связующая способность и пластические свойства.

Во многих глинах, применяемых для формовочных и стержневых смесей, основным минералом является каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

На границах каждого слоя с одной стороны имеются ионы кислорода а с другой — гидроксильные группы. Между двумя соседними слоями отсутствуют валентные связи. Их взаимодействие определяется силами Ван-дер Ваальса.

Вода окружает многослойный кристалл гидратной оболочкой. Чем меньше отдельные кристаллы, входящие в состав глин, тем больше будет общий объем гидратных оболочек и тем выше окажется связующая способность глин.

По краям пластин каолинита всегда имеются группы SiO_4 , неиспользованные валентности которых обуславливают химическую активность пограничного слоя кристалла. В природных условиях к анионам SiO_4^{--} присоединяются катионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} и др. Если частицу глины поместить в воду, то произойдет диссоциация образовавшегося комплекса, подобно тому, как происходит диссоциация соли. Анионом будет являться сам кристалл каолинита, а катионами — ранее присоединившиеся к нему калий, натрий, кальций или ионы других металлов. Анион и катионы в водной среде будут удерживать вокруг себя некоторое количество молекул воды. Количество иммобилизованной воды зависит от свойств катионов, присоединенных глинистой частицей. Наибольшее количество воды удерживают глины, содержащие ионы Na^+ , затем глины, содержащие K^+ , потом глины, имеющие в своем составе ионы щелочно-земельных металлов и т. д. Таким образом, наличие катионов по краям глинистого кристалла способствует удержанию воды и развитию пластических свойств глины и связующей способности.

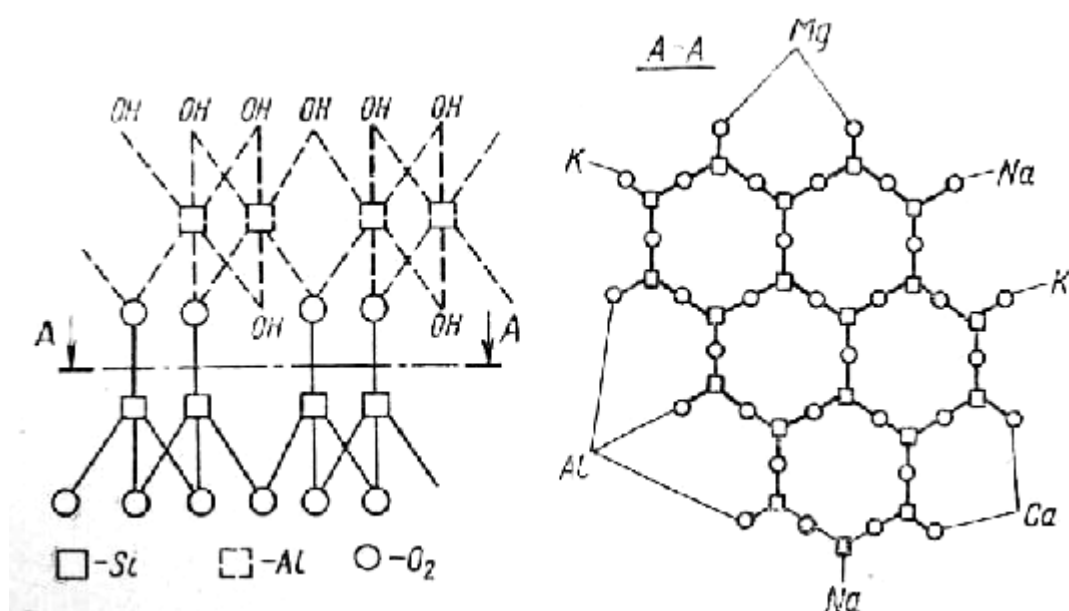


Рисунок 3 . Строение кристалла каолинита

Минералогический состав глины, размеры ее частиц а также количество и состав присоединенных к ней катионов определяют все технологические свойства глины в литейном производстве

Формы (стержни) подвергаются действию высоких температур при сушке, а затем и при заливке металлом. При нагревании в глинах протекают процессы, вызывающие постепенное или скачкообразное изменение прочности смесей.

Прочность смеси при нагревании до 100 °С увеличивается, что объясняется повышением сцепления между глинистыми частицами по мере удаления влаги.

При изменении температуры от 350 до 650 °С удаляется кристаллизационная вода и образуется безводный алюмосиликат каолинита. Прочность при этом увеличивается, а после охлаждения

уменьшается. При нагревании до 750-800 °С безводный алюмосиликат разлагается на глинозем и кремнезем; прочность увеличивается, а после охлаждения резко уменьшается.

При охлаждении прочность сильнонагретых смесей значительно падает, так как усадке быстроохлаждающихся наружных слоев образца мешают не успевшие остыть внутренние слои. В этих условиях потерявшие пластичность глинистые частицы растрескиваются и перестают связывать зерна песка.

Монтмориллонитовые глины, как и каолинитные, состоят из слоистых кристаллов, но по границам слоев расположены только ионы кислорода (рис. 37), поэтому связь между слоями слабее. Молекулы воды не только ориентируются относительно поверхности кристалла, но и проникают между его слоями. Кристаллы обладают, таким образом, способностью к внутрикристаллическому набуханию, расстояние между слоями кристалла увеличивается от 7,2 до 21,4 А.

Монтмориллонитовые глины быстро теряют воду: при нагревании до температур 120-180 °С — около 95% воды, 600- 650 °С — полностью. Разрушение обезвоженного алюмосиликата происходит при 800-850 °С.

Во всех глинах присутствуют в качестве примесей и другие минералы, снижающие их связующую способность и в большинстве случаев их термохимическую устойчивость. К таким минералам относятся кварц, содержание которого может достигать до 50%, слюды, полевые шпаты, карбонаты и пирит.

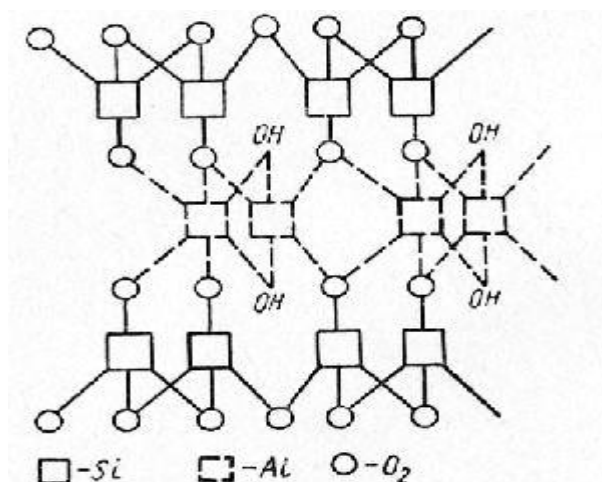


Рисунок 4 . Кристаллическая решетка монтмориллонита

В зависимости от связующей способности глины делятся на три сорта (I, II, III) и три класса (1, 2, 3). Предел прочности при сжатии монтмориллонитовых глин во влажном состоянии должен быть не менее 0,9 кгс/см². Класс глины определяется пределом прочности при сжатии в высушенном состоянии смеси, содержащей 5 в. ч. испытуемой глины, 95 в. ч. песка марки К02А или К02Б и 6,5-7,0% воды (до сушки). Глины делят на классы: 1 — прочносвязующие в высушенном состоянии ($>5,5$ кгс/см²); 2 — среднесвязующие (3,5- 5,5 кгс/см²) —, 3 — малосвязующие ($< 3,5$ кгс/см²). Монтмориллонитовые глины должны иметь прочность при сжатии в высушенном состоянии не менее 3,5 кгс/см². По термохимической

устойчивости в зависимости от содержания в глинах вредных примесей они делятся на три группы.

Тема: Связующие

Связующие материалы, входящие в состав стержневых и формовочных смесей, предназначены для склеивания зерен песка и придания смесям необходимой прочности вначале в сыром, а затем в сухом или химически отвержденном состоянии.

Связующие материалы подразделяют по химической природе — на органические и неорганические, по способности растворяться в воде — на водные и неводные, по характеру затвердевания — на затвердевающие необратимо, обратимо и с промежуточным характером

затвердевания.

В отличие от неорганических, органические связующие выгорают при заливке расплава в литейную форму, что обеспечивает хорошую податливость стержней и их выбиваемость. Неорганические связующие (жидкое стекло, цемент) не выгорают, что затрудняет выбивку форм и стержней. Водные связующие проявляют свои свойства после растворения их в воде (лигносульфонаты технические, декстрин, патока). Неводные связующие не растворяются в воде и используются в виде растворов в органических растворителях (спирте, ацетоне и др.). Необратимо затвердевающие органические и неорганические связующие обеспечивают получение смесей, обладающих наибольшей прочностью в сухом состоянии. Из смесей на основе этих связующих изготавливают сложные тонкостенные стержни.

К этой группе относятся растительные масла (льняное масло, олифа, отходы хлопкового масла СКТ-10), масла, получаемые на основе продуктов переработки нефти (П, ПТ), синтетические смолы, а также жидкое стекло.

Связующие на основе масел затвердевают только в процессе тепловой сушки при температуре 200—220 °С. Процесс сушки является длительной и энергоемкой операцией. Кроме того, растительные масла дороги и дефицитны. Поэтому более широко применяются синтетические смолы, использование которых позволяет изготавливать стержни без сушки, отверждаемые химически с большой скоростью непосредственно в нагреваемой или холодной оснастке. В последнем случае в связующее вводят катализаторы—ускорители затвердевания. В промышленности наиболее широко применяют связующие холодного затвердевания на основе фенолофурановых (ФФ-1Ф), карбамидно-фурановых (фуритол, БС-40), фенолоформальдегидных смол (ОФ1, СФ-3042). В качестве связующих смесей, отверждаемых в нагреваемой оснастке, используют смолы (УКС, КФ-90, СФП-011Л и др.), которые при нагреве сначала расплавляются, связывая зерна песка, а затем необратимо твердеют, придавая стержню необходимую прочность.

Неорганическое связующее жидкое стекло представляет собой водный раствор силиката натрия $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Особенностью жидкого стекла является способность быстро затвердевать при продувке углекислым газом или при тепловой обработке, что резко сокращает или устраняет операцию сушки.

Связующие, затвердевающие обратимо, восстанавливают свои свойства после охлаждения (канифоль, битумы, пеки) или при воздействии растворителя (лигносульфонаты технические, декстрин и др.). К связующим с промежуточным характером затвердевания относятся главным образом комбинированные составы, т. е. часть компонентов в них

затвердевает необратимо, а часть обратимо. Стержневые смеси на основе этих связующих имеют повышенную прочность во влажном состоянии, их используют при изготовлении основной массы стержней. В промышленности широко применяют водорастворимые связующие этой группы. Наиболее дешевыми из них являются технические лигносульфонаты (ЛСТ) — продукты переработки древесины, поставляемые в жидком виде или в виде твердого концентрата. На их основе разработаны и широко применяются комбинированные связующие в виде эмульсий ЛСТ с окисленным петролатумом (СП) и тяжелой фракцией сланцевой смолы ГТФ (СБ).

В литейном производстве применяют специальные вяжущие добавки, которые принято называть связующими. Связующие делятся на органические и неорганические. В процессе изготовления смесей связующие обволакивают зерна песка тонкой пленкой, которая при высушивании прочно скрепляет (склеивает) зерна песка между собой. При этом образуются межзерновые пустоты, которые обеспечивают хорошую газопроницаемость и податливость смеси. Свойство связующих оценивается прочностью, которую они способны сообщать высушенным образцам «восьмеркам», отнесенной к 1% введенной в смесь связующей добавки. Ниже приводится характеристика отдельных связующих, которые широко применяют в промышленности. Связующее П представляет собой раствор окисленного бакинского петролатума (остаток переработки нефти на бензин и керосин) в уайт-спирите. Для повышения прочности в связующее П добавляют талловое масло (связующее ПТ) или канифоль (связующее ПК). Связующее ГТФ представляет собой генераторную тяжелую фракцию, образующуюся при нагреве эстонских сланцев в генераторных печах без доступа воздуха. Сульфитная барда — остаток от переработки сульфитного щелока (отход бумажной промышленности) на спирт. Связующее СП и СБ получают при эмульгировании (растворении) сульфитной барды с окисленным петролатумом (СП) либо сланцевой смолой (СБ).

Связующее УКС является продуктом конденсации мочевины с формальдегидом и используется при получении стержней сложной конфигурации для отливок из алюминиевых и магниевых сплавов.

Жидкое стекло — водный раствор силиката натрия, имеющий вид синевато-зеленоватой жидкости. Оно отличается от обычного стекла химическим составом, способностью растворяться в воде и быстро затвердевать при кратковременной сушке

топочными газами или при обработке углекислым газом, а также при более длительной выдержке на воздухе.

Тема: Вспомогательные формовочные материалы

К этим материалам относятся разделительный песок, натирки, формовочные клеи, краски, припылы, добавки разного рода. Их используют, чтобы предотвратить некоторые нежелательные явления, которые возникают в процессе литья. К примеру, из-за просачивания сплава образуется пригар из песка на стенках отливки, приводящий к шероховатости изделия; продолжительный нагрев стенок формы вызывает образование в ней трещин и появление отпечатков этих трещин на поверхности отливки, а газы и пары

могут проникать в толщу металла, образуя в отливке так называемые газовые раковины и т. п.

Припылы.

Так называются порошки, которые наносятся на внутреннюю поверхность сырой формы для того, чтобы расплав не смачивал стенок формы. Использование припылов предотвращает появление на отливке пригара. Наиболее распространены следующие припылы: маршаллит, цемент, графиты — черный и серебристый. Выбор материала зависит от толщины стенок изделия и его величины.

Добавки.

Наиболее распространенными добавками являются чугунная дробь, конский волос, древесный уголь, опилки, каменный уголь. Эти материалы используются для изготовления крупных форм и стержней, которые подвергаются сушке перед заливкой металла.

Применение добавок, в частности, может выглядеть так: чугунная дробь применяется в случае, если необходимо быстро охладить массивные части отливки; конский волос используется в процессе изготовления больших архитектурных отливок для предотвращения образования трещин при сушке; каменноугольную пыль применяют для уменьшения пригара к стенкам отливки, добавляя ее к формовочной смеси в соотношении 1—3%. Из прочих вспомогательных материалов используются особые формовочные краски, состоящие из основного огнеупорного материала, растворителя и связующего вещества. Формовочные краски создают защитную пленку на стержнях и стенках формы. Для получения особенно чистой поверхности изделия стержень покрывают особой защитной пастой. Разделительный песок. Используется для отделения одной части формы от другой; в качестве разделительного чаще применяют кварцевый песок. Стержневый клей необходим для попарного соединения больших стержней и стержней усложненной формы. В этом же случае применяется раствор белой глины.

Тема: Формовочные и стержневые смеси

Формовочные смеси имеют определенную влажность и состоят из кварцевого песка, глины и специальных добавок. Формовочный песок состоит из зерен кварца с примесью глины. Глина — это размельченный продукт разрушения многих силикатных пород, обладающих хорошими связующими свойствами. Специальные добавки применяются для улучшения свойств формовочной смеси.

Для получения отливок высокого качества формовочные смеси должны обладать: прочностью — способностью выдерживать внешние нагрузки, не разрушаясь; пластичностью — способностью воспринимать и отчетливо сохранять форму модели; газопроницаемостью — способностью пропускать газы; противопопригарностью — способностью не сплавляться и не спекаться с расплавленным металлом; податливостью — способностью сжиматься при усадке металла; долговечностью — способностью сохранять свои качества при повторном использовании.

К стержневым смесям предъявляются дополнительные требования: сухой стержень не должен впитывать влагу при условии повышенной прочности, газопроницаемости, он должен легко выбиваться из отливки.

По назначению формовочные смеси разделяются на облицовочные, наполнительные и единые; по роду металла — на смеси для чугунного, стального и цветного литья; по видам формовки — на смеси для влажных и сухих форм.

Облицовочная смесь состоит главным образом из свежих формовочных материалов. При формовке ее первой засыпают на модель, так как она образует рабочую поверхность формы и непосредственно соприкасается с расплавленным металлом.

Наполнительная смесь более низкого качества, она состоит целиком или частично из оборотной смеси. Этой смесью заполняют оставшийся объем опоки.

Единую смесь применяют при изготовлении мелких и средних по весу отливок главным образом при машинной формовке. Она состоит из оборотной смеси с добавлением свежих формовочных материалов.

Специальные добавки применяются для повышения прочности формовочной смеси (жидкое стекло, цемент, сульфитный щелок), противопопригарности (каменноугольная пыль, графит, мазут), газопроницаемости и податливости (опилки, торф).

Стержневая смесь состоит из 96—97% кварцевого песка, 2—3% глины при влажности 4—6%. В качестве крепителей используют льняное масло, патоку, декстрин и др.

Все формовочные материалы подвергают предварительной обработке. Песок сушат и просеивают. Глину применяют мелкоразмолотую или в виде эмульсии. Формовочную смесь

при повторном использовании разминают, на магнитных сепараторах отделяют металлические частицы и просеивают.

Приготовление формовочных и стержневых смесей сводится к смешиванию формовочных материалов в смесителях. Для улучшения пластичности готовую смесь разрыхляют. Перед употреблением проверяют физико-механические свойства смеси.

Разовые литейные формы и стержни изготавливают из материалов, которые называют формовочными. Различают исходные формовочные материалы, формовочные и стержневые смеси, а также вспомогательные формовочные составы.

Назначение. Исходные формовочные материалы разделяют на основные и вспомогательные.

К основным относят пески, являющиеся огнеупорной основой смесей, и связующие (глины, смолы и т. д.), соединяющие частицы песка между собой. Вспомогательные исходные материалы (различные добавки) предназначены для придания смесям специальных свойств, например повышенной газопроницаемости.

Для получения формовочных и стержневых смесей смешивают различные исходные формовочные материалы, при этом состав смеси и количество входящих в нее компонентов зависят от назначения смеси. Кроме свежих исходных формовочных материалов в состав смеси обычно входит бывшая в употреблении смесь, подвергнутая специальной обработке (например, охлаждению, дроблению, магнитной сепарации, просеиванию, увлажнению).

Вспомогательные формовочные составы (краски, клеи, пасты) предназначены для улучшения качества поверхности форм и стержней, придания ей определенных свойств, для соединения частей стержней.

Свойства смесей. Качество форм и стержней определяется свойствами формовочных и стержневых смесей, которые должны отвечать определенным требованиям.

Текучесть — это способность смесей перемещаться под действием внешних усилий и заполнять опоки и стержневые ящики.

Пластичность — это свойство смеси деформироваться под действием внешних усилий и сохранять полученную форму после удаления модели или стержневого ящика.

Пластичность зависит от состава смеси, например в песчано-глинистых смесях от содержания в них глины и воды.

Прочность — способность смеси в уплотненном состоянии выдерживать не разрушаясь

внешние воздействия. Она должна быть достаточной для того, чтобы формы и стержни не разрушались при их изготовлении, транспортировании, сборке и заливке расплавом.

Податливость — способность смеси в уплотненном состоянии деформироваться под действием сжимающих усилий, возникающих в процессе усадки при затвердевании и охлаждении отливок. При недостаточной податливости смеси в отливке могут образоваться трещины.

Газопроницаемость — свойство смеси пропускать газы, выделяющиеся при заливке и охлаждении из расплава, из стержня и самой формы, а также воздух, находящийся в ее полости. При недостаточной газопроницаемости в отливках образуются газовые раковины и поры.

Огнеупорность — способность смеси не размягчаться и не расплавляться под действием теплоты заливаемого в форму расплава.

Термохимическая стойкость — свойство смеси не вступать в физическое и химическое взаимодействие с жидким металлом, его оксидами и газами, выделяющимися в процессе заливки форм. Низкая термохимическая стойкость приводит к образованию трудно отделимого пригара, ухудшающего качество поверхности отливок и затрудняющего их очистку.

Кроме того, смеси должны обладать достаточной живучестью, т. е. сохранять свои свойства после приготовления в течение заданного промежутка времени, малой газотворностью, т. е. не выделять большого количества газов в процессе заливки, выбиваемостью — легко удаляться из отливок после их охлаждения, негигроскопичностью.

Тема: Противопригарные покрытия, пасты

Противопригарные покрытия вспомогательные материалы (краски, пасты и др.), применяемые при формовке для уменьшения пригара формы и стержней к отливке. Краски содержат склеивающие вещества и огнеупорные добавки и увеличивают поверхностную прочность, уменьшают осыпаемость форм и стержней. Пасты применяют преим. в качестве покрытий металлич. форм. См. также Формовочные материалы.

- Классификация

Покрытия огнеупорного наполнителя

- По физическому состоянию покрытия подразделяются на две группы: пасты (П), порошки (С).
- По седиментационной устойчивости разведенного покрытия и прочности слоя покрытия к истиранию покрытия подразделяются на классы- Технические требования
- Покрытия должны изготавливаться в соответствии с требованиями настоящего стандарта по рецептуре и технологическому регламенту, утвержденным в установленном порядке.
- По физико-механическим показателям покрытия должны соответствовать техническим требованиям, указанным в табл. 3.
- Покрытия не должны содержать посторонних примесей, видимых невооруженным глазом.
- Перед употреблением покрытия разводятся водой.
- Рекомендации по назначению покрытий указаны в приложении 1.

- Правила приемки

- Пасты и порошки должны приниматься партиями. За партию принимают количество продукта одной марки, представленного к приемке по одному документу. Размер партии устанавливается не более 10 т.
- При приемосдаточных испытаниях следует проводить проверку на соответствие требованиям. Испытания проводятся на пробах.
- При получении неудовлетворительных результатов испытаний, хотя бы по одному из показателей, проводят повторную проверку на удвоенном количестве проб от той же партии.

Пример условного обозначения покрытия на основе талька (Т), выпускаемого в виде пасты (П), с пределом седиментационной устойчивости 95 % и прочности к истиранию 1 кг/мм (2):

ТП-2 ГОСТ 10772-78

Результаты повторных испытаний являются окончательными и распространяются на всю партию.

- По результатам приемки на каждую партию заполняется паспорт. Паспорт должен содержать:

наименование предприятия-изготовителя или товарный знак;

наименование и марку продукции;

номер и массу нетто партии;

дату изготовления;

обозначение настоящего стандарта;

результаты анализов;

номер и дату выпуска продукции.

- Методы испытаний

- Подготовка проб к испытанию
- Отбор средней пробы
- При контроле паст частичные пробы отбирают от 10 % мест каждой партии, но не менее чем от 5 мест. Частичные пробы отбирают из бочек в равных количествах с верхнего уровня и на глубине 300 - 400 мм от верхнего уровня пасты.
- При контроле порошков частичные пробы отбирают от 5 % мест каждой партии, но не менее чем от 10 мест. Частичные пробы отбирают в равных количествах сверху (при вскрытии мешка) и с глубины 100 - 150 мм.
- Отобранные частичные пробы соединяют вместе, перемешивают и методом квартования усредняют. Масса средней пробы не должна быть менее 1 кг.
- Среднюю пробу делят на две равные части и помещают в плотно закрываемые стеклянные или фарфоровые банки. На банки наклеивают этикетки с указанием наименования и марки покрытия, наименования предприятия-изготовителя, номера партии, даты изготовления, даты отбора пробы, фамилии пробоотборщика. Одну банку с покрытием передают в лабораторию для анализа, другую хранят в течение гарантийного срока.
- Разведение покрытий для испытаний
- Оборудование

Лабораторная краскомешалка со скоростью вращения смесителя 400 - 600 об/мин.

Рекомендуемая краскомешалка указана в приложении 2.

Мерный цилиндр с градуировкой 1 - 10 мл по ГОСТ 1770-74.

Около 0,5 кг средней пробы покрытия разводят водой до плотности, указанной в В краскомешалку сначала загружают воду, а затем покрытие. Покрытие вводят отдельными порциями с последующим перемешиванием.

По окончании загрузки покрытие перемешивают. Время перемешивания паст не менее 20 мин, а порошков не менее 40 мин.

Однородность разведенного покрытия контролируют визуально по внешнему виду слоя покрытия, нанесенного на стекло по п. 4.7.2. При наличии в слое включений неразведенного покрытия перемешивание продолжают до получения однородной массы.

При определении плотности мерный цилиндр взвешивают с точностью до 0,01 г, заполняют разведенным покрытием до отметки 10 мл и взвешивают с той же точностью.

Плотность (ρ) в г/см³ вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{10}, \quad (1)$$

где:

m_2 - масса заполненного мерного цилиндра, г;

m_1 - масса пустого мерного цилиндра, г.

Примечание. В цеховых условиях допускается определение плотности покрытий ареометром по ГОСТ 18481-81

- Внешний вид паст и порошков определяют визуально путем осмотра отобранных проб при естественном рассеянном освещении.
- Определение влажности паст и порошков
- Оборудование

Сушильный шкаф с закрытыми элементами нагрева с приспособлениями для измерения и регулирования температуры.

Стаканчик для взвешивания (бюкс) по ГОСТ 25336-82.

Эксикатор по ГОСТ 25336-82.

- Проведение анализа

Навеску от средней пробы покрытия ($10 \pm 0,01$) г помещают в бюкс, предварительно взвешенный с точностью до 0,01 г и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 - 110 °С до постоянной массы (около 2 ч).

Покрытие считается высушенным, если последующее взвешивание после дополнительной сушки в течение 15 мин даст уменьшение массы, не превышающее 0,01 г.

Перед каждым взвешиванием бюкс с покрытием охлаждают в эксикаторе до температуры (20 ± 3) °С.

- Обработка результатов

Влажность (W) в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m}, \quad (2)$$

где:

m_1 - масса бюкса с покрытием до сушки, г;

m_2 - масса бюкса с покрытием после сушки, г;

m - навеска покрытия, г.

- Определение условной вязкости

Условную вязкость покрытия, определяют по ГОСТ 8420-74.

- Определение седиментационной устойчивости
- Оборудование

Мерный цилиндр с градуировкой 0 - 250 мл по ГОСТ 1770-74.

- Проведение анализа

Покрытие, наливают в мерный цилиндр до отметки 250 мл и выдерживают в состоянии покоя в течение 3 ч, после чего измеряют верхний осветленный слой.

- Обработка результатов

Седиментационную устойчивость (C) в процентах вычисляют по формуле

$$C = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 100}{V_1}, \quad (3)$$

где:

V_1 - общий объем столба покрытия в цилиндре, мл;

V_2 - объем верхнего осветленного слоя покрытия в цилиндре, мл.

- Внешний вид покрытия определяют визуально при осмотре стеклянной пластины с нанесенным на стекло и высушенным покрытием по п. 4.7.2.
- Определение прочности к истиранию

Установка для проведения испытаний

Установка состоит из вискозиметра 1 марки ВЗ-4 по ГОСТ 9070-75, подставки 2 с матовым стеклом 3 и упором, для стеклянной пластины 4 с покрытием, резервуара 5 для формовочного песка, источника света 6 мощностью не более 10 Вт.

Пластины из фотостекла длиной (120 ± 1) мм, шириной (60 ± 1) мм и толщиной 1,2 - 2,0 мм.

Формовочный песок по ГОСТ 2138-91, отмученный, высушенный и просеянный через сито № 063 по ГОСТ 6613-86, а затем через сито № 0315 по ГОСТ 6613-86. Для анализа берут песок, оставшийся на сите № 0315.

Сушильный шкаф с закрытыми элементами нагрева и приспособлениями для измерения и регулирования температуры.

Микрометр типа МКО-25 по ГОСТ 6507-90.

Эксикатор по ГОСТ 25336-82.

Подготовка к анализу

Стеклянные пластины, используемые при анализе, предварительно тщательно моют теплой водой, высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 - 110 °С в течение 5 - 10 мин и охлаждают в эксикаторе до (20 ± 3) °С.

Микрометром измеряют толщину пластины не менее чем в трех точках с точностью до 0,01 мм и вычисляют среднее арифметическое значение толщины.

Отмеряют 100 мл покрытия, и выливают на стеклянную пластину, установленную под углом 45°. Излишки покрытия сливаются в подставленную под пластину чашу. Затем пластина переворачивается относительно оси перпендикулярной к ее плоскости на 180° и операцию повторяют, только выливают покрытие, собранное в чаше.

После нанесения покрытия пластину устанавливают горизонтально (покрытием вверх) и помещают в таком положении в сушильный шкаф. В сушильном шкафу пластину выдерживают при температуре $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 20 мин, затем извлекают и охлаждают в эксикаторе до температуры $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$.

После охлаждения микрометром измеряют толщину пластины с покрытием не менее чем в трех точках с точностью до 0,01 мм и вычисляют среднее арифметическое значение определений.

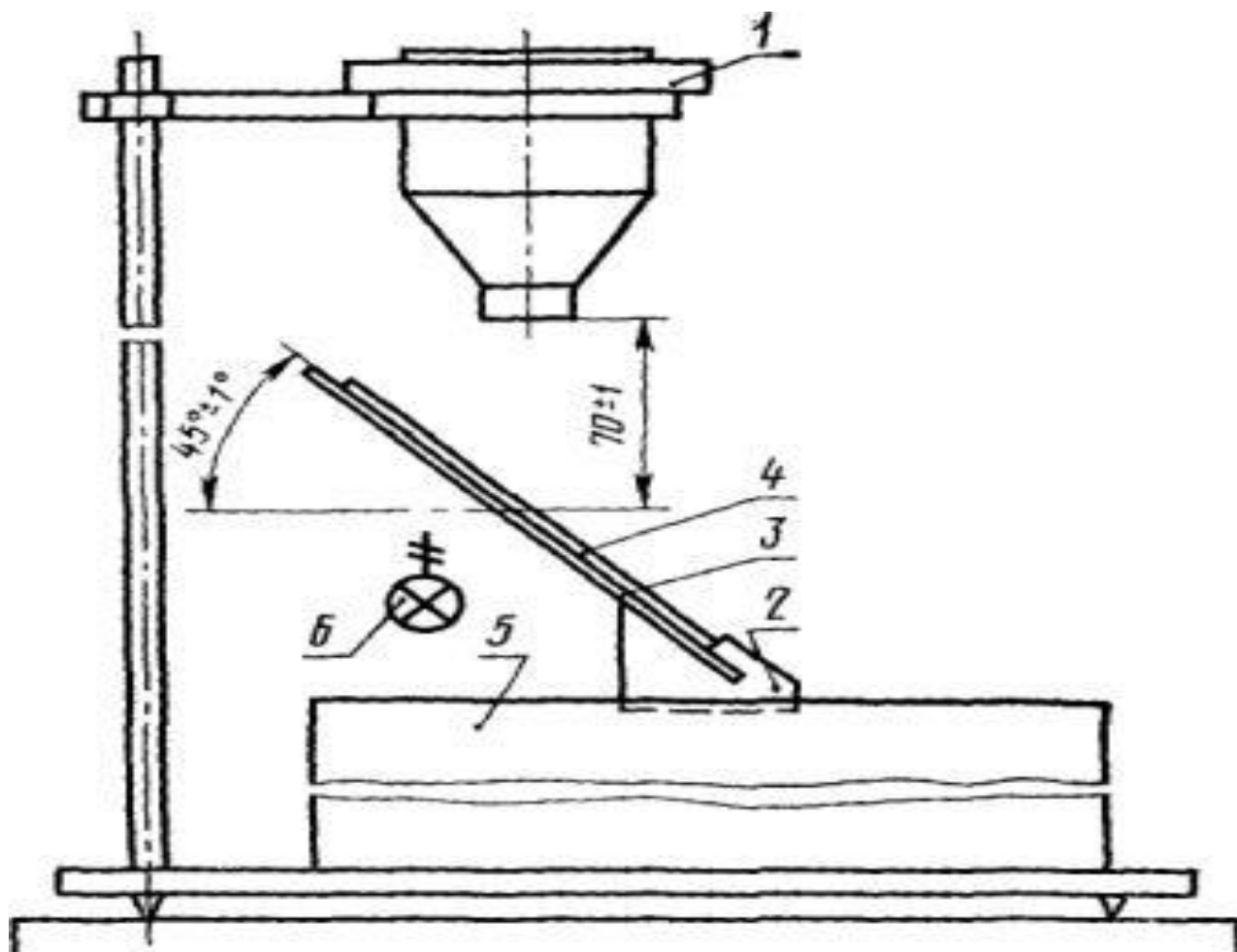


Рисунок 5. Установка для проведения испытаний

- Проведение анализа

Пластину с покрытием помещают под выходным отверстием вискозиметра ВЗ-4 на матовое стекло покрытием вверх и закрепляют так, чтобы образец не сдвигался во время испытаний. Включают источник света. Через вискозиметр на пластину сыпают формовочный песок до тех пор, пока покрытие в месте удара песка не сотрется до стекла. Истирание прекращают,

когда диаметр разрушенного участка покрытия будет 1,5 - 2,0 мм. Массу песка, пошедшего на истирание, взвешивают с точностью до 0,01 кг.

Проводят не менее трех испытаний, при этом каждое испытание на новом участке покрытия.

Примечание. Формовочный песок после 50-кратного использования должен быть заменен или заново отмучен и просеян.

- Обработка результатов

Прочность покрытия к истиранию (R) в кг/мм вычисляют по формуле

$$R = \frac{m}{l_1 - l}, \quad (3)$$

где:

m - масса песка, пошедшего на истирание, кг;

l - среднее арифметическое значение толщины стеклянной пластины, мм;

l₁ - среднее арифметическое значение толщины стеклянной пластины с покрытием, мм.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое значение определений, отличающихся от средней величины определений не более ± 20 %.

- Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение

- Пасты должны упаковываться в металлические по ГОСТ 13950-91 или деревянные по ГОСТ 8777-80 бочки, выложенные внутри полиэтиленовыми мешками. После заполнения бочки должны быть герметически закрыты.

- Пасты должны упаковываться в тару, предварительно очищенную от пыли, мусора и остатков других материалов.

Упаковка паст в обратную металлическую тару и бывшую в употреблении деревянную тару должна осуществляться в тщательно отмытые и высушенные бочки.

Упаковка паст в деревянную тару осуществляется после ее ремонта.

- Порошки марок ГС-1 и ТС-1 должны упаковываться в многослойные бумажные мешки по ГОСТ 2226-88 с полиэтиленовыми мешками-вкладышами по ГОСТ 19360-74.

- Порошок марки ЦС-1 должен упаковываться сначала в многослойные бумажные мешки по ГОСТ 2226-88, а затем в мешки из ткани с основой из вискозных нитей по ГОСТ

18225-72 или полипропиленовых нитей по отраслевой нормативно-технической документации.

- Мешки с упакованными порошками должны быть защищены.
- На каждую бочку и на каждый мешок наклеивают этикетку.

Этикетка должна содержать:

наименование предприятия-изготовителя или товарный знак;

наименование и марку продукции;

номер партии;

массу брутто и нетто;

дату изготовления;

обозначение настоящего стандарта.

- Пасты и порошки транспортируют в крытых транспортных средствах. Пасты допускается транспортировать в открытых транспортных средствах под брезентом.
- Покрытия должны храниться в закрытых помещениях, исключающих попадание влаги, при температуре от 0 до 30 °С.

- Указания по эксплуатации

- После транспортировки при отрицательной температуре перед употреблением пасту необходимо выдержать при температуре не ниже 10 °С не менее 24 ч.
- При разведении покрытий рекомендуется использовать лопастную краскомешалку с отражающими перегородками в реакторе и с частотой вращения ротора смесителя 150 - 300 об/мин.
- При разведении порошков в производственных условиях требуется более интенсивное перемешивание, чем при разведении паст.
- На литейные формы и стержни покрытия наносят кистью или пульверизатором.

- Требования безопасности

- Требования безопасности при производстве, применении и испытании покрытий должны удовлетворять ГОСТ 12.3.002-75, ГОСТ 12.3.005-75, ГОСТ 12.1.005-88.
- Требования безопасности при производстве, применении и испытании покрытий марок ЦП-2 и ЦС-1.

- В производственных помещениях, где производятся работы с цирконовым концентратом, должна быть приточно-вытяжная вентиляция с пятикратным обменом воздуха и предусматриваться влажная уборка пола и поверхностей оборудования.
- Лица, связанные с изготовлением и применением покрытий, должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями по нормам, утвержденным в установленном порядке.

- Гарантии изготовителя

- Изготовитель должен гарантировать соответствие противопопригарных покрытий требованиям настоящего стандарта при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования и хранения.
- Гарантийный срок хранения паст - 6 месяцев, а порошков - 12 месяцев со дня изготовления.

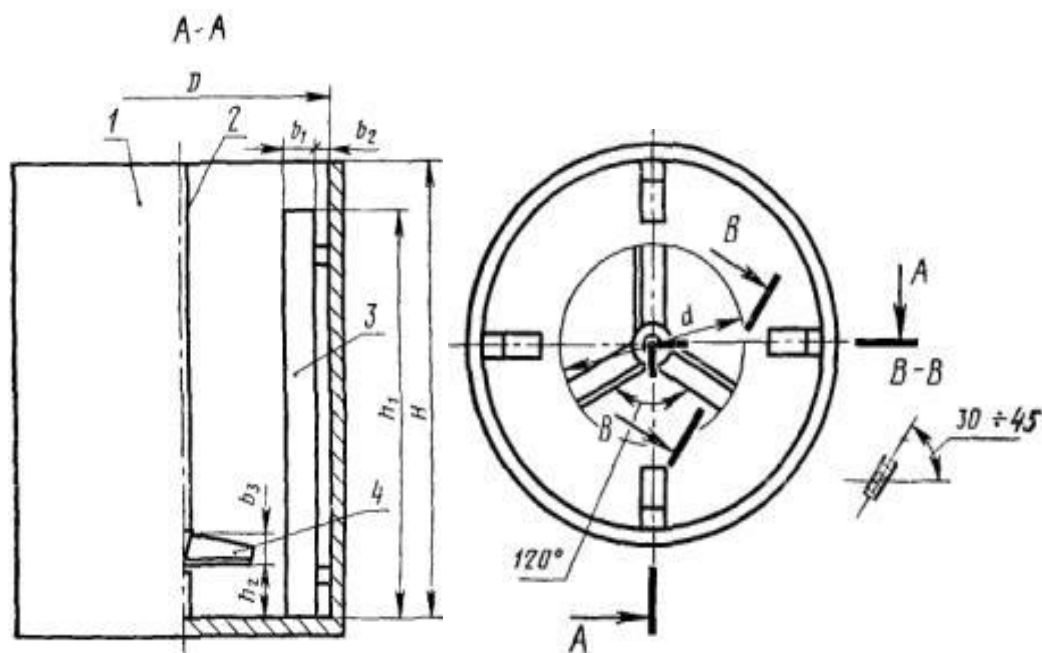


Рисунок 6 - Смеситель

1 - реактор смесителя; 2 - вал смесителя; 3 - отражающая перегородка; 4 - лопасть смесителя

Тема: Приготовление формовочных и стержневых смесей

Формовочные смеси классифицируют:

- по назначению (для отливок из чугуна, стали и цветных металлов);
- по составу (песчано-глинистые, содержащие быстротвердеющие крепители, специальные);
- по применению при формовке (единые, облицовочные, наполнительные);
- по состоянию форм перед заливкой в них сплава (сырые, сухие, подсушиваемые и химически твердеющие).

Для приготовления смесей используются природные и искусственные материалы.

Основными исходными материалами являются песок и глина, вспомогательными – связующие вещества и добавки. Кроме исходных материалов для приготовления формовочных смесей используют отработанные (бывшие в употреблении) смеси.

В зависимости от назначения различают формовочные и стержневые смеси. Правильный выбор смеси имеет большое значение, так как около половины брака отливок возникает из-за низкого качества формовочных материалов и смесей.

Песок – основной огнеупорный компонент формовочных и стержневых смесей.

Обычно используется кварцевый или цирконовый песок из кремнезема SiO_2 .

Глина является связующим веществом, обеспечивающим прочность и пластичность, обладающим термической устойчивостью. При увлажнении вокруг глинистых частиц, несущих на своей поверхности электрический заряд, образуются гидратные оболочки, обеспечивающие легкое скольжение частиц относительно друг друга при сохранении их сцепления и без нарушения сплошности материала при деформации. Все основные технологические свойства формовочных глин определяются их минералогическим составом, размером частиц, количеством и составом присоединенных катионов. Чем меньше в глине примесей, тем выше ее термохимическая устойчивость. Широко применяют бентонитовые или каолиновые глины.

В формовочные и стержневые смеси вводят в небольших количествах (1...3 %) дополнительные связующие. Их подразделяют на органические и неорганические, растворимые и нерастворимые в воде (сульфидно-спиртовая барда, битум, канифоль, цемент, жидкое стекло, термореактивные смолы и др.).

Для предотвращения пригара и улучшения чистоты поверхности отливок используют противопригарные материалы: для сырых форм – припылы; для сухих форм – краски.

В качестве припылов используют: для чугунных отливок – смесь оксида магния, древесного угля, порошкообразного графита; для стальных отливок – смесь оксида магния и огнеупорной глины, пылевидный кварц.

Противопригарные краски представляют собой водные суспензии этих материалов с добавками связующих.

Замазки применяют для исправления поверхностных дефектов форм и стержней при их окончательной отделке. Они должны обладать хорошей пластичностью, не образовывать трещин и не отслаиваться от поверхности формы (стержня) после тепловой обработки.

Легирующие пасты, состоящие из размолотых легирующих элементов – марганца, кремния, хрома, алюминия, 10 % соды, 10 % буры, применяют с целью изменить химический состав и свойства поверхностного слоя отливок.

Смеси должны обладать рядом свойств:

- прочностью – способностью смеси обеспечивать сохранность формы без разрушения при изготовлении и эксплуатации;
- поверхностной прочностью (осыпаемостью) – сопротивлением истирающему действию струи металла при заливке;
- пластичностью – способностью воспринимать очертание модели и сохранять полученную форму;
- податливостью – способностью смеси сокращаться в объеме под действием усадки сплава;
- текучестью – способностью смеси обтекать модели при формовке, заполнять полость стержневого ящика;
- термохимической устойчивостью или непригарностью – способностью выдерживать высокую температуру сплава без оплавления или химического с ним взаимодействия;
- негигроскопичностью – способностью после сушки не поглощать влагу из воздуха;
- долговечностью – способностью сохранять свои свойства при многократном использовании.

По применению при формовке различают облицовочные, наполнительные и единые смеси. Облицовочная смесь используется для изготовления рабочего слоя формы. Содержит повышенное количество исходных формовочных материалов и имеет высокие физико-механические свойства. Наполнительная смесь используется для заполнения формы после нанесения на модель облицовочной смеси. Приготавливается путем переработки оборотной смеси с малым количеством исходных формовочных материалов. Облицовочная и наполнительная смеси необходимы для изготовления крупных и сложных отливок. Единая смесь применяется одновременно в качестве облицовочной и наполнительной. Используется при машинной формовке и на автоматических линиях в серийном и массовом производстве. Изготавливается из наиболее огнеупорных песков и глин с наибольшей связующей способностью для обеспечения долговечности. Применяются быстротвердеющие формовочные смеси с добавками цемента или жидкого стекла. Форму из этой смеси высушивают путем продувания через формовочную смесь углекислого газа. Форма становится прочной и достаточно газопроницаемой. Широко применяются в последнее время самотвердеющие смеси. Кроме жидкого стекла в них добавляют материалы, ускоряющие процесс твердения, например, феррохромистый шлак. Смесь затвердевает на воздухе в течение 30 минут и становится прочной и газопроницаемой. Разновидностью самотвердеющих смесей являются текучие самотвердеющие смеси, применение которых исключает операцию уплотнения смеси.

Приготовление формовочных смесей

Формовочные смеси приготавливают различными способами в зависимости от их назначения и технологических свойств. Приготовление смесей включает подготовку исходных формовочных материалов, отработанных смесей и приготовление смесей из этих материалов. Сначала подготавливают песок, глину и другие исходные материалы. Песок сушат при температуре около 250°C в печах или специальных установках и просеивают в целях отделения комьев, гальки и различных посторонних включений через сита с размером ячеек 3...5 мм. Глину сушат при температуре $200...250^{\circ}\text{C}$, размельчают в два этапа: дробят на куски размером 15...25 мм в дробилках; размалывают в шаровых мельницах или бегунах до частиц размером менее 0,1 мм и просеивают через сита. Аналогично получают угольный порошок. Подготавливают оборотную смесь. Оборотную смесь после выбивки из опок разминают на гладких валках, очищают от металлических частиц в магнитном сепараторе и просеивают. Приготовление песчано-глинистой формовочной смеси включает несколько операций: дозирование, перемешивание компонентов смеси, увлажнение, вылеживание и

разрыхление. Сущность процесса перемешивания состоит в том, чтобы из компонентов получить однородную смесь, все зерна песка которой были бы покрыты тонким, равномерным слоем увлажненной глины или другого связующего. Перемешивание осуществляется в смесителях-бегунах с вертикальными или горизонтальными катками. Песок, глину, воду и другие составляющие загружают при помощи дозатора, перемешивание осуществляется под действием катков и плужков, подающих смесь под катки. Готовая смесь выдерживается в бункерах-отстойниках в течение 2...5 часов для распределения влаги и образования водных оболочек вокруг глинистых частиц и устранения неравномерности распределения влаги в смеси. Готовую смесь разрыхляют в специальных устройствах (азраторах или дезинтеграторах), что обеспечивает высокую газопроницаемость и однородность уплотнения смеси в формах. Готовую смесь по ленточным конвейерам подают в бункеры на формовку. Пластичную самотвердеющую смесь на жидком стекле готовят в два этапа. На первом этапе в бегуны вводят все компоненты смеси, кроме феррохромистого шлака, песок, глину, уголь, жидкое стекло, раствор едкого натра и др. компоненты перемешивают и готовую базовую смесь по транспортерным лентам подают в бункеры на место формовки. На втором этапе в специальные барабанные или шнековые смесители из бункера подают базовую смесь и вводят дозу феррохромистого шлака, перемешивают и подают в опоку. Исходные материалы жидких, самотвердеющих смесей подают в бункеры на формовочный участок, затем исходные материалы в определенной последовательности подают в барабанные или шнековые смесители и перемешивают. Жидкая композиция готовится отдельно. Готовую смесь подают в опоку.

Стержневая смесь

Стержневая смесь соответствует условиям технологического процесса изготовления литейных стержней, которые испытывают тепловые и механические воздействия. Она должна иметь более высокие огнеупорность, газопроницаемость, податливость, легко выбиваться из отливки. Огнеупорность – способность смеси и формы сопротивляться растяжению или расплавлению под действием температуры расплавленного металла.

Газопроницаемость – способность смеси пропускать через себя газы (песок способствует ее повышению). Для обеспечения этих свойств в стержневую смесь добавляют связующие материалы и другие добавки. В качестве связующих материалов применяют синтетические смолы, естественные смолы (сланцевая смола, канифоль), поливиниловый спирт, декстрин и др. В зависимости от способа изготовления стержней смеси разделяют: на смеси с

отверждением стержней тепловой сушкой в нагреваемой оснастке (в качестве связующих материалов применяют быстротвердеющие органические и органоминеральные связующие, которые затвердевают с помощью катализаторов); жидкие самотвердеющие; жидкие холоднотвердеющие смеси на синтетических смолах; жидкостекольные смеси, отверждаемые углекислым газом. Приготовление стержневых смесей осуществляется перемешиванием компонентов в течение 5...12 минут с последующим выстаиванием в бункерах. Для достижения высокого качества смесей необходимы точная дозировка исходных материалов, тщательное их перемешивание, вылеживание готовой смеси с целью выравнивания влажности и разрыхление смеси. Для дозировки применяют весовые и объемные дозаторы. Последние используют для взвешивания жидких составляющих— связующих и воды.

Важнейшей операцией в процессе приготовления смеси является перемешивание, обеспечивающее равномерное распределение всех компонентов в объеме смеси и обволакивание зерен песка тонкой пленкой связующего. Выполнение этих условий при перемешивании обеспечивает высокие технологические свойства смеси.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей используют литейные смесители каткового, лопастного и шнекового типов. Наиболее распространенными смесителями каткового типа являются смешивающие литейные бегуны с вертикально-вращающимися катками, сдвоенные бегуны и центробежные смешивающие литейные бегуны.

Смешивающие литейные бегуны представляют собой неподвижную чашу с двумя гладкими катками 1, 4, не касающимися ее дна и вращающимися вокруг вертикальной оси.

Одновременно катки вращаются и вокруг своей горизонтальной оси вследствие трения о смесь, подаваемую в чашу. Смесь направляется под катки плужками 2 и 7. Готовая смесь выбрасывается через разгрузочное окно в дне чаши, которое открывается и закрывается с помощью пневмоцилиндров и тяги. Такие бегуны являются смесителями периодического действия. Песок, вода и глина загружаются в бегуны дозаторами. Продолжительность перемешивания порции смеси зависит от ее назначения и состава и составляет для единой формовочной 2—4 мин, облицовочной — 2—9 и стержневой — 2—10 мин. Смешивающие бегуны обеспечивают высокое качество перемешивания формовочных и стержневых смесей вследствие активного перетирающего действия катков. Недостатком их является невысокая производительность, ввиду чего они используются только в цехах с небольшим объемом производства.

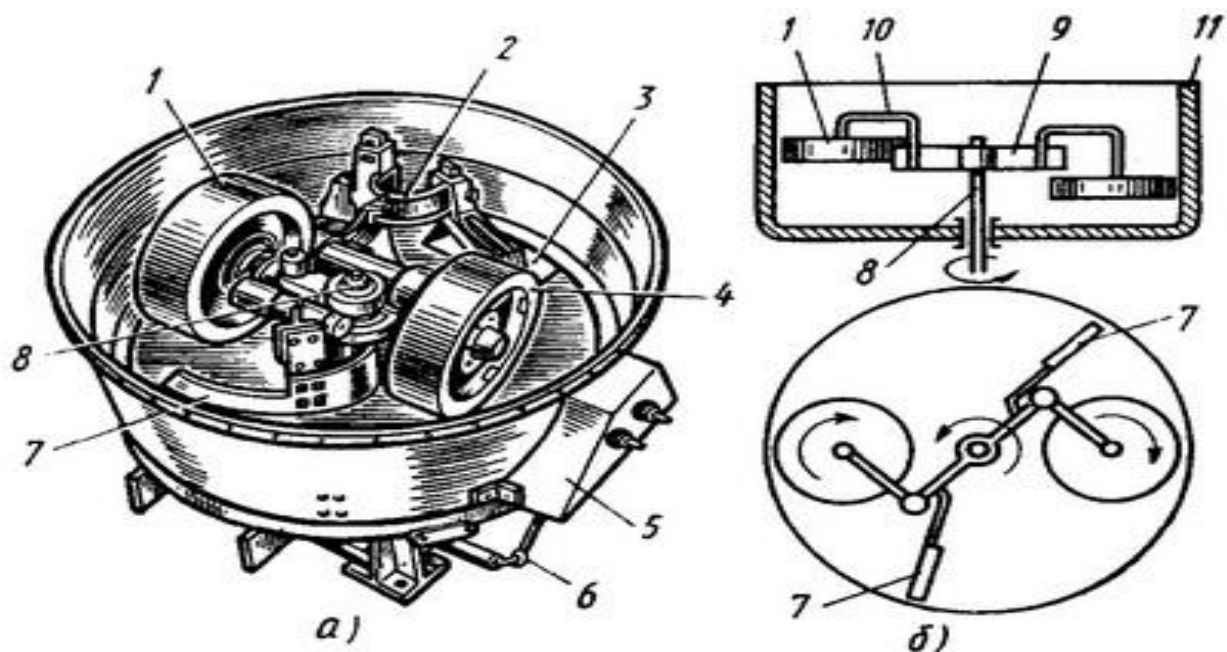


Рисунок 7. Смешивающие бегуны с вертикальными катками (а) и центробежные (б):
1,4 — катки. 2,7 — плужки. 3 — окно в дне чаши, 5 — кожух, 6 — тяга, 8 — вертикальный вал. 9 — рычаг, 10 — кривошип, 11 — чаша

В современных автоматизированных цехах применяют смесители непрерывного действия, в которых загрузка, перемешивание и выгрузка готовой смеси ведутся одновременно и непрерывно. К смесителям непрерывного действия, используемым для приготовления больших объемов единых и наполнительных смесей, относятся высокопроизводительные центробежные (или маятниковые) смешивающие литейные бегуны с катками, вращающимися в горизонтальной плоскости (рис. 3.2,6). Ободы катков и чаша в них облицованы резиной, что позволяет повысить скорость качения катков и увеличить производительность их в 3—5 раз по сравнению со смешивающими бегунами с вертикально-вращающимися катками. Наличие вентилятора позволяет дополнительно охлаждать смесь и обеспыливать ее. В центробежном смесителе плужки 7 со значительной скоростью отбрасывают смесь на борт чаши, к которому она прижимается и движется под действием центробежных сил. Во время этого движения происходит перемешивание, перетирание отдельных слоев смеси катками. Продолжительность перемешивания единой смеси составляет 2—4 мин, облицовочной и стержневой — до 3 мин.

Широкое применение находят и непрерывно действующие сдвоенные литейные бегуны, имеющие две пары вертикальных катков и две сообщающиеся между собой чаши. Загрузка исходных составляющих смеси производится непрерывно в чашу 1, а выдача готовой смеси происходит также непрерывно из чаши 2 через окно в ее борту.

Приготовленные песчано-глинистые смеси передаются из смешивающих литейных бегунов в бункера-отстойники, где смесь выдерживается 2—3 ч с целью выравнивания влажности и стабилизации свойств по всему объему. Затем уплотненную от вылеживания смесь дополнительно разрыхляют, пропуская ее через специальные установки — литейные разрыхлители, лопастные (аэраторы) и дисковые (дезинтеграторы). Разрыхленная смесь направляется в формовочное отделение конвейером к расходным бункерам.

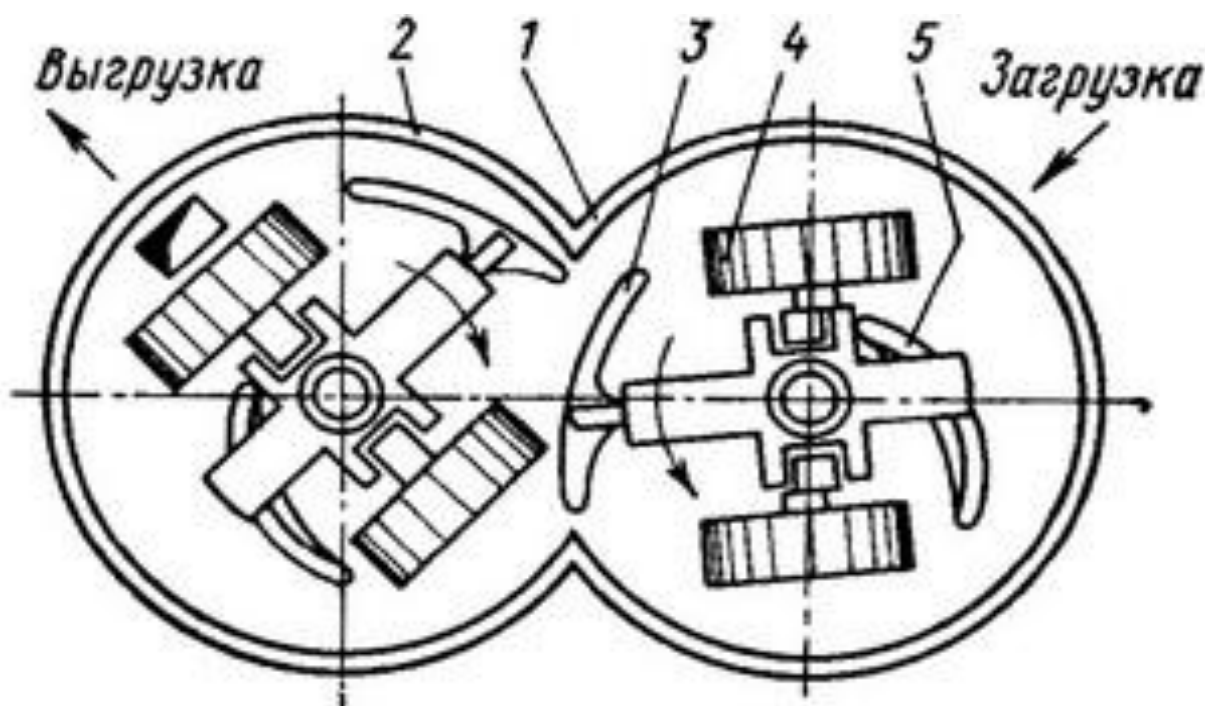


Рисунок 8 - Схема каткового смесителя непрерывного действия:

1,2 — смежные чаши, 3, 5 — плужки, 4 — катки

Лопастные и шнековые смесители применяют для приготовления пластичных (например, песчано-смоляных) и жидкоподвижных самотвердеющих смесей, а также сыпучих смесей, используемых для изготовления оболочковых форм и стержней. Такие смесители обеспечивают равномерное распределение составляющих и хорошее их перемешивание, но не создают оболочки вокруг зерен из-за отсутствия перетирающего действия на смеси. В установке сухой песок, поступающий из бункера, лопастным смесителем непрерывного действия перемешивается с жидкими составляющими — смолой и катализатором, поступающими через дозатор 8 по шлангам. Длительность перемешивания смеси 1,5—2 мин. Готовая смесь непрерывно выдается с лотка в стержневой ящик.

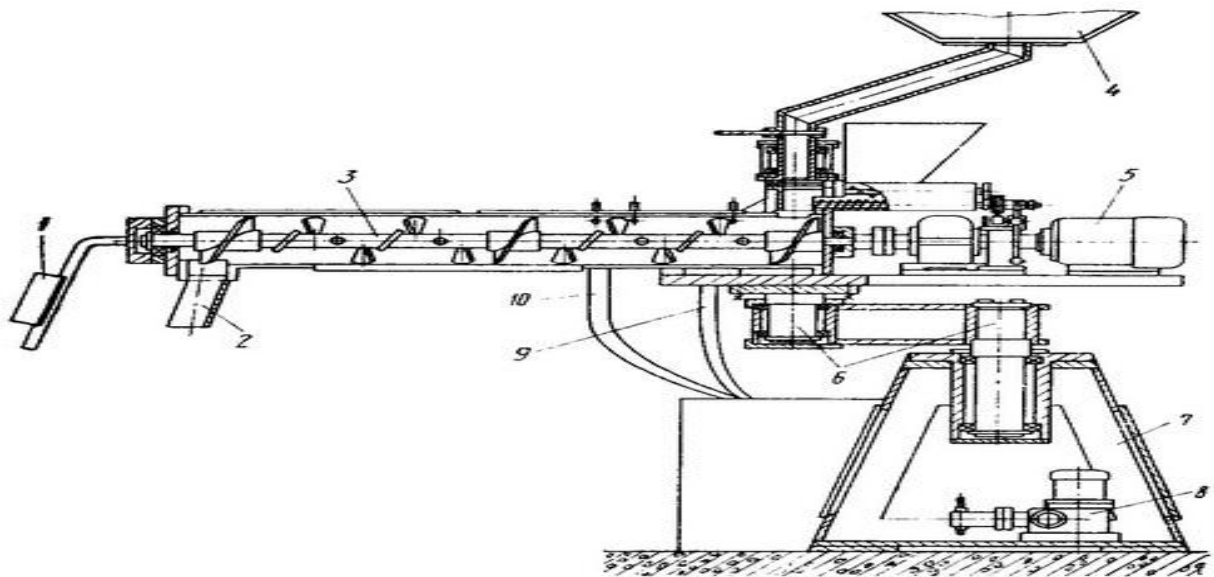


Рисунок 9. Полуавтоматическая поворотная установка для приготовления холоднотвердеющих смесей:

1 — рукоятка с пультом управления. 2 — лоток выдачи смеси, 3 — лопастной смеситель. 4 — бункер с песком, 5 — привод, 6 — ось поворота смесителя, 7 — основание, 8 — насосы-дозаторы для перекачки жидких компонентов в смеситель, 9 — шланг для подачи смолы, 10 — шланг для подачи катализатора

В литейных цехах массового производства применяются автоматические линии формовки, включающие в себя полностью автоматизированные смесеприготовительные установки.

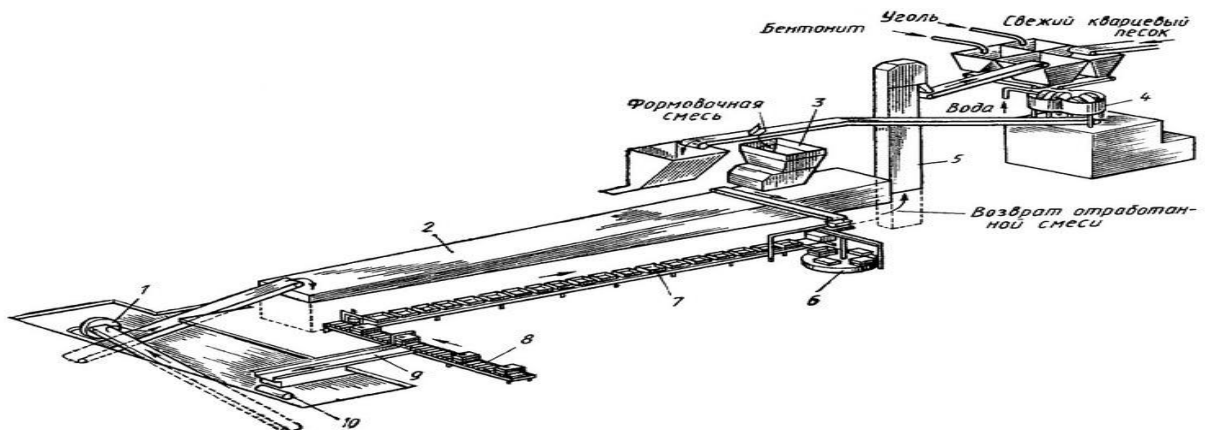


Рисунок 10. Схема типовой автоматизированной смесеприготовительной установки:

1 — гомогенизатор. 2 — охладитель. 3 — бункер с аэратором, 4 — смеситель, 5 — элеватор, 6 — формовочная машина, 7 — рольганг для возврата пустых опок, 8 — рольганг подачи залитых опок на выбивку, 9 — выбивная решетка, 10 — магнитный сепаратор

В цехах с поточным механизированным производством отливок, потребляющих большое количество одинаковых по составу смесей, приготовление их производят в центральном смесеприготовительном отделении, где машины, транспортеры и устройства для переработки исходных материалов, приготовления смесей и передачи их к местам изготовления форм и стержней объединены в единую центральную смесеприготовительную систему (ЦСС) с автоматическим управлением (рис. 3.6).

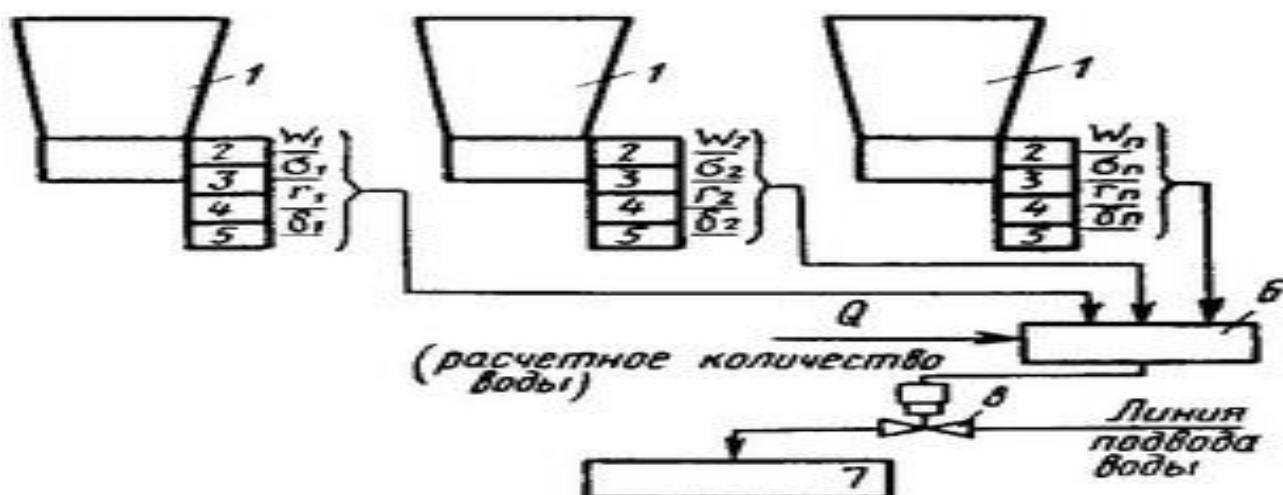


Рисунок 11. Схема автоматического управления процессами смесеприготовления:

1 — бункера, 2, 3, 4, 5 — контрольно-измерительные приборы для проверки соответственно влажности W , прочности σ , газопроницаемости Γ , плотности δ смеси, 6 — электронно-вычислительная машина. 7 — смеситель, 8 — клапан

Специальные устройства контролируют физико-механические свойства и дозируемое количество исходных составляющих формовочной смеси. Информация от контрольно-измерительных приборов влажности, прочности, газопроницаемости, плотности поступает в управляющую электронно-вычислительную машину 6, в которую предварительно введены расчетные данные для приготовления формовочной смеси. ЭВМ оценивает соответствие поступающей информации расчетным данным и при необходимости выдает команду на регулирующий клапан дозирования воды 8.

Тема: Контроль формовочных и стержневых материалов и смесей

Качество отливок в значительной степени зависит от свойств формовочных материалов, поэтому необходим тщательный контроль их. Контроль формовочных материалов осуществляется в цеховой или заводской лаборатории по стандартным методикам. Стандарты (ГОСТ 23409.0—78-f-ГОСТ 23409.26—78) на методы испытаний формовочных песков, а также формовочных и стержневых смесей включают 26 видов контроля: содержания примесей (оксидов кальция, магния, железа, титана, алюминия), влаги, прочности смесей при комнатной и высоких температурах, газопроницаемости, осыпаемости, гигроскопичности, текучести при динамическом и статическом уплотнениях, газотворности. Предусмотрены методики определения формуемости смесей, содержания глинистой составляющей, объемного расширения и спекаемости песков, а также формы зерен и гранулометрического состава, модуля мелкости и среднего размера их зерен. Для контроля жидких самотвердеющих смесей (ЖСС) предусмотрены методики определения их подвижности и пенообразующей способности, а также устойчивости пены растворов поверхностно-активных веществ.

Описание некоторых наиболее широко используемых стандартных методов контроля формовочных материалов приведено ниже.

Определение глинистой составляющей проводится методом отмучивания. В стеклянный сосуд емкостью 1000 мл помещают 50 г контролируемого формовочного материала, приливают 475 мл воды и 25 мл водного раствора едкого натра. Сосуд закрывают, устанавливают на лабораторную мешалку и взбалтывают в течение одного часа, после чего доливают водой, перемешивают палочкой, отстаивают 10 мин и сливают воду с помощью U-образной трубки до уровня 12 мм от поверхности осадка. Операции с доливанием воды, отстаиванием ее и сливом, называемые отмучиванием, повторяют до тех пор, пока вода в сосуде после 5-минутного отстаивания не станет прозрачной. Осадок сушат, прокаливают, взвешивают и с учетом потери массы исходной навески рассчитывают массовую долю глинистой составляющей.

После отделения от песка или смеси глинистой составляющей оставшаяся часть навески подлежит испытаниям для определения гранулометрического состава, модуля мелкости и среднего размера зерна песчаной основы.

Гранулометрический состав исследуется путем сухого рассева зерновой песчаной основы с последующим определением классов крупности по массе остатков ее на каждом из сит стандартного набора. Прибор для гранулометрического анализа состоит из набора стандартных сит 1, столика 2, на котором они установлены, электродвигателя 3, передающего через эксцентриковый вал колебательное движение столику с ситами, и

рычажного ударного механизма 4. Частота вращения эксцентрика ~300 об/мин, а ударов рычага — 180 в минуту, 11 сит набора имеют диаметр обечайки 200 мм и сетки с размерами ячеек от 2,5 до 0,05 мм. Навеска исследуемого песка помещается на верхнее сито набора, в котором сита расположены в нисходящем порядке.

Определение содержания в формовочных материалах примесей оксидов (железа, кальция, магния и др.) производят химическими методами.

Текущность смесей при динамическом уплотнении определяется по разности до и после встряхивания диаметров специального образца в виде усеченного конуса, изготовляемого в стержневом ящике с внутренними диаметрами 110 (у основания) и 35 (у вершины) мм и высотой 75 мм. Схема испытания образца и его деформации при динамическом воздействии. Текущность (Т) выражается в миллиметрах и вычисляется по формуле $T = D_2 - D_1$.

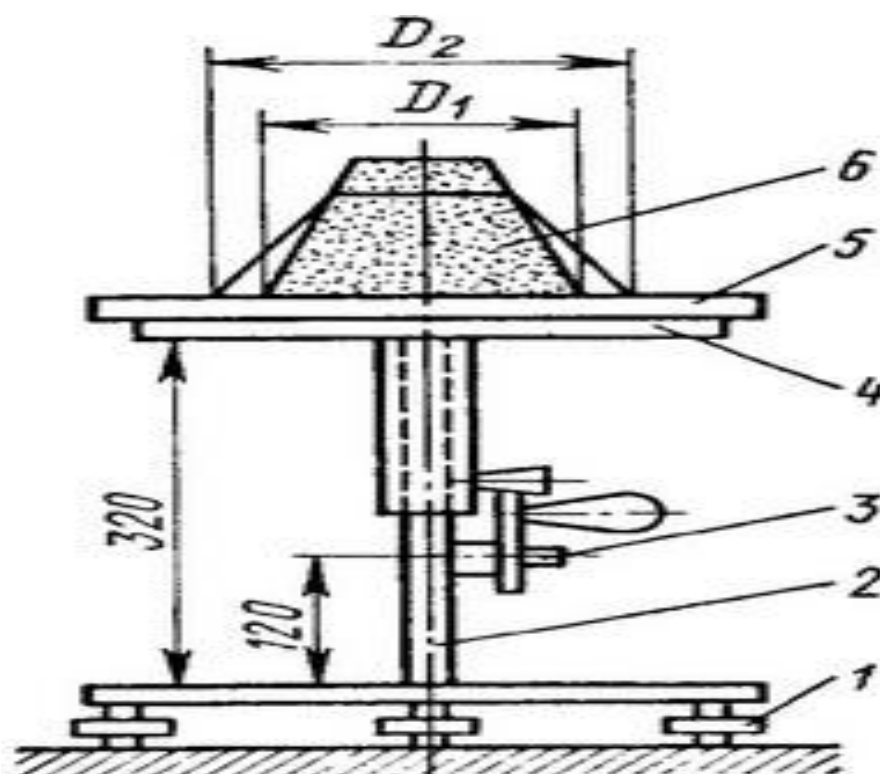


Рисунок 12- Схема испытания образца формовочной смеси на текущность при динамическом уплотнении:

1 — регулирующие винты платформы прибора. 2 — стойка, 3 — кулачок для подъема встряхивающего стола, 4 — стол, 5 — плексигласовая пластина, 6 — образец

Определение содержания влаги в песках, формовочных и стержневых смесях основано на вычислении потери массы навески испытуемого материала массой 50 г, после

высушивания при 105—110°C до постоянной массы. По разности масс чаш с навесками до (m_1) и после сушки (m_2) определяют массовую долю влаги (X) в процентах: $X = (m_1 - m_2)100/m$, где m — масса навески песка или смеси, г.

Применяют и ускоренный метод, при котором навеску быстро (за 10 мин) высушивают в специальном приборе с инфракрасной лампой, затем взвешивают и определяют содержание влаги по указанной выше формуле.

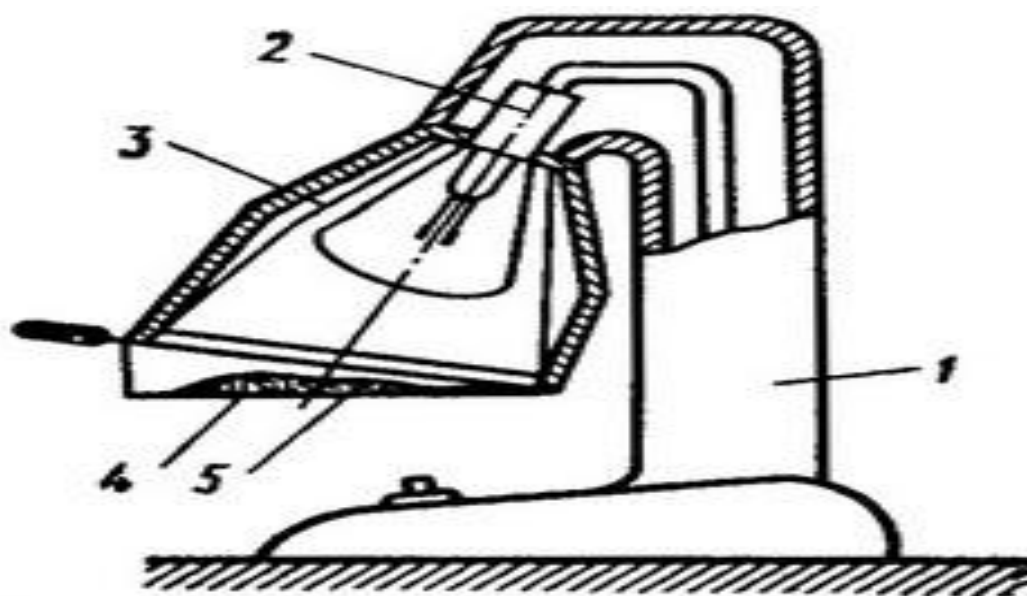


Рисунок 13. Прибор для ускоренного определения влажности:

1 — стойка, 2 — лампа, 3 — отражатель, 4 — лоток, 5 — навеска песка

Определение газопроницаемости смеси проводят на приборе (рис. 3.10), принцип действия которого основан на продувании определенного объема воздуха через испытуемый стандартный цилиндрический образец диаметром и высотой 50 мм. Образец из влажного песка, влажных или сухих формовочных и стержневых смесей изготавливают на стандартном лабораторном копре при уплотнении в стальной цилиндрической гильзе 2 навески смеси тремя ударами падающего с высоты 50 мм груза 4 массой 6,35 кг. Для изготовления образцов из жидких самотвердеющих смесей применяют разъемные стальные гильзы с внутренним диаметром и высотой 50 мм. По значению величины давления в гильзе под образцом определяют газопроницаемость с помощью переводной таблицы, которая для удобства работы обычно закрепляется на баке 3 прибора.

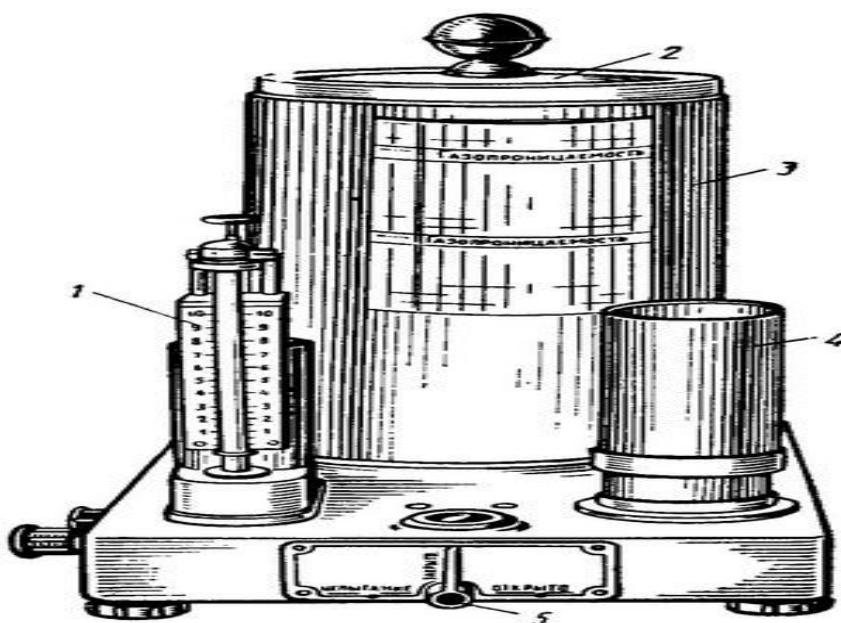


Рисунок 14. Прибор для контроля газопроницаемости смесей:

1 — манометр, 2 — колокол (резервуар с пропускаемым через образец воздухом); 3 — бак с водой, обеспечивающий плавное опускание колокола по мере истечения из него воздуха, 4 — гильза с испытуемым образцом, 5 — трехходовой кран для включения прибора

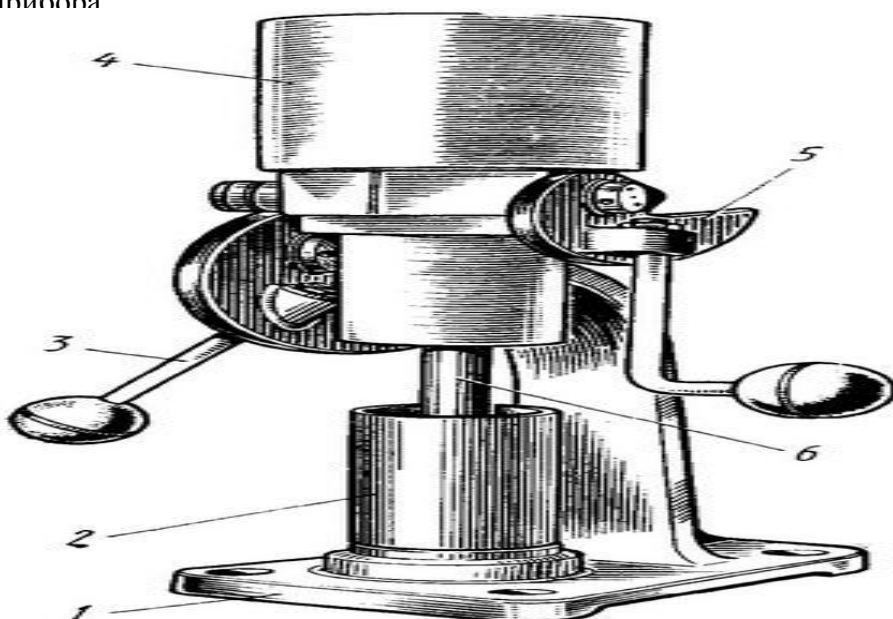


Рисунок 15. Лабораторный копер для изготовления стандартных цилиндрических образцов формовочных материалов при испытании их на прочность и газопроницаемость:

1 — столик копра, 2 — гильза для набивки образца, 3 — ручка эксцентрика для подъема уплотняющего устройства при установке гильзы 2 на столик прибора, 4 — падающий

груз, уплотняющий образец, 5 — кулачок для подъема груза и сбрасывания его, 6 — шток с плунжером, передающим уплотняемому образцу ударное воздействие груза 4

Определение предела прочности на растяжение влажных формовочных смесей проводят по схеме, используя специальную разъемную гильзу.

Для определения предела прочности на сжатие влажных формовочных песков, формовочных и стержневых смесей, на срез влажных формовочных смесей, на сжатие сухих формовочных и стержневых смесей используют стандартные образцы диаметром и высотой 50 мм.

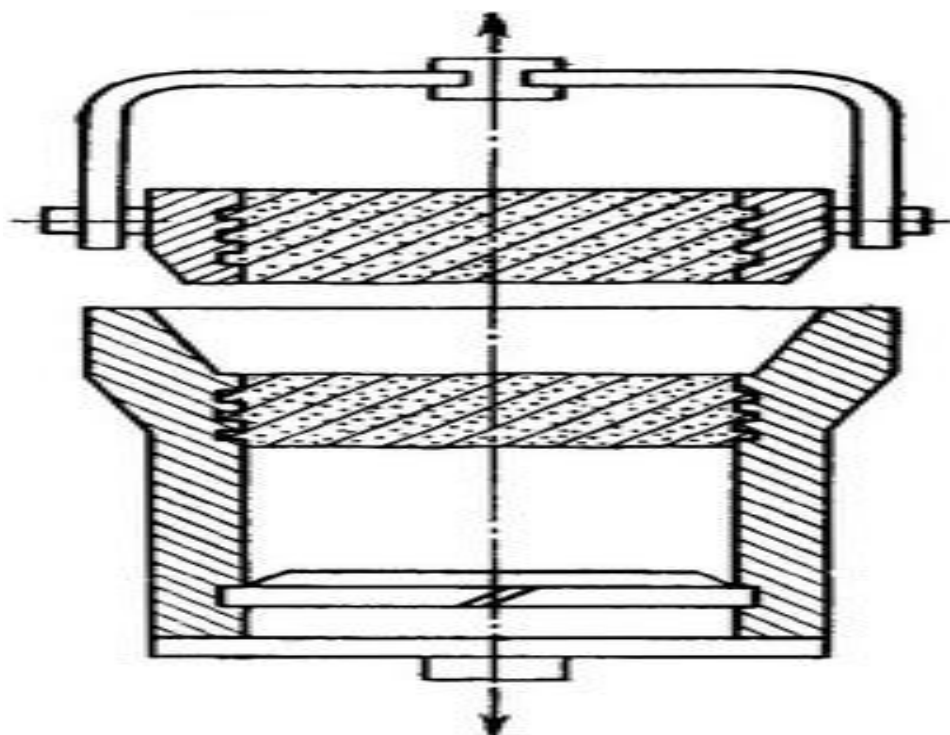


Рисунок 16 - Схема испытания влажных формовочных смесей на прочность при растяжении

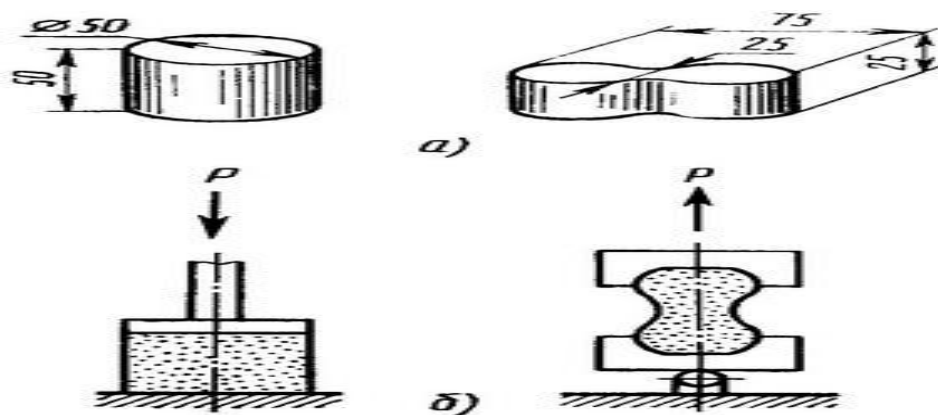


Рисунок 17. Стандартные образцы (а) и схема их испытания на сжатие и растяжение (б)

Определение содержания глины в формовочных песках. Для изготовления смеси с определенными свойствами нужно знать количественное содержание глины в песке. Глиносодержание устанавливают, отделяя глинистые вещества от песка, для чего 50 г сухого песка насыпают в литровую бутылку, в нее наливают 0,5 л воды.

После взбалтывания содержимого бутылки на специальном приборе жидкости дают некоторое время отстояться, а затем мутную воду, содержащую глинистые вещества, сливают через сифонную (изогнутую) трубку. Оставшийся в бутылке песок высушивают и взвешивают. Разница масс глинистого песка и отмытого, умноженная на два, указывает на процентное содержание глинистой составляющей в песке.

Определение зернового состава песка. Навеску испытуемого песка просеивают через специальный набор сит. Сита устанавливают последовательно друг на друга в зависимости от размеров ячейки сита. Самое крупное сито с размером ячейки 2,5 мм устанавливают сверху, самое мелкое с размером ячейки 0,05 мм — снизу, а под ним помещают тазик для улавливания более мелких частиц. Номера сит и размеры их ячеек проводятся в табл. 20 (ГОСТ 2138—74).

Определение влажности материалов и смесей. Для определения влажности испытуемого материала или смеси навеску его высушивают при температуре 100—120° С и затем повторно взвешивают. Разница в массе указывает на количество влаги в смеси. Для быстрого определения влажности формовочной или стержневой смеси берут навеску в 20 г и помещают в металлическую чашечку, затем через смесь продувают воздух, нагретый до 120° С, благодаря чему влага испаряется. Разница масс смеси до высушивания и после указывает на содержание в ней влаги.

Определение газопроницаемости смеси. Для определения газопроницаемости смеси из нее методом уплотнения изготавливают в металлической гильзе стандартный образец диаметром и высотой 50 мм. Гильзу с уплотненным образцом устанавливают на прибор, принцип действия которого основан на продувании воздуха через испытуемый образец. Измерив давление воздуха в гильзе (под образцом), по специальной таблице определяют газопроницаемость смеси.

Определение прочности смесей. Прочность смесей во влажном состоянии контролируют на стандартных образцах (диаметром и высотой 50 мм), прошедших испытание на газопроницаемость. При этом освобожденный от гильзы образец подвергают сжатию до

разрушения на специальном приборе. Усилие, при котором разрушился образец, фиксируется и делится на площадь его поперечного сечения. Полученная величина (в кгс/см²) и характеризует прочность смеси на сжатие во влажном состоянии.

Прочность смеси в сухом состоянии определяют путем разрыва высушенного образца «восьмерки» на специальном приборе. Фасонный образец «восьмерка» изготавливают из испытуемой смеси в металлическом разъемном ящике, а затем высушивают в печи. Охлажденный образец подвергают испытанию на разрыв. Величина разрушающей силы, отнесенная к площади поперечного сечения образца, по которой произошел разрыв, и характеризует сухую прочность смеси.

Поверхностная прочность смесей контролируется испытанием-высушенных образцов на специальных вращающихся сетчатых барабанах.

Своевременный контроль качества формовочных и стержневых смесей позволяет предупредить возможный брак и устранить причину, вызвавшую изменение качества и состава смеси.

Изготовление литейных форм – формовка – основная и наиболее сложная операция, от которой в значительной степени зависит качество отливки. Из большого многообразия способов формовки в качестве примера разберем формовку простой отливки «Втулка» по самому распространенному методу: формовка в двух опоках. На рисунке 3.8 представлен эскиз отливки и последовательность формовки и сборки. Отливка имеет несложную внешнюю и внутреннюю поверхность. По образу и подобию наружных поверхностей отливок изготавливается модель (пусть в данном случае деревянная). Размеры модели будут несколько большими, чем на отливках: известно, что при затвердевании объем металла уменьшается приблизительно на 1–2% в зависимости от марки сплава, т.е. наружные размеры модели на 1–2% больше размеров отливки. Кроме того, на тех поверхностях, где необходимо производить механическую обработку, также предусмотрены припуски на несколько миллиметров.

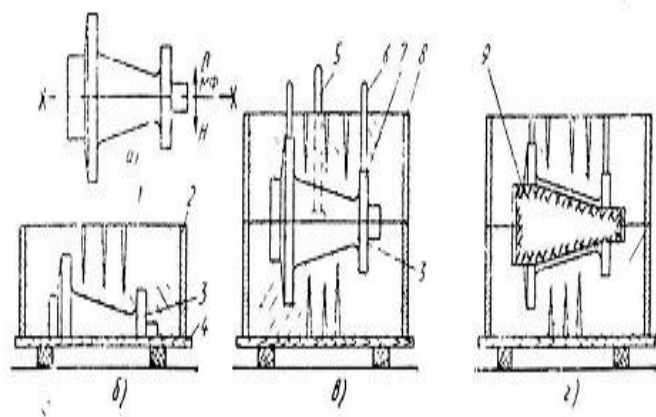


Рисунок 18 - Изготовление формы в двух опоках по разъемной модели: 1 – наколы вентиляционные; 2 – нижняя опока; 3 – нижняя половина модели; 4 – подмодельная плита; 5 – стояк; 6 – выпор; 7 – верхняя половина модели; 8 – верхняя опока; 9 – стержень

Если необходима установка стержней, то на модели дополнительно изготавливают «знаки», которые затем служат для установки и фиксации стержней. Обычно в верхней части модели устанавливают «стояк», при помощи которого будет изготовлена в форме полость для подвода жидкого металла и «прибыль» или «выпор» – для выхода газов при заливке и питании жидким металлом отливки в процессе ее кристаллизации. Обычно модели выполняют разъемными по центру симметрии, модели разделяют на две половины: нижнюю и верхнюю.

Стержневой ящик предназначен для изготовления стержня. Эта часть модельного комплекта выполняется или деревянной или металлической. Стержневой ящик представляет собой корпус определенной формы, внутри которого выполнена полость, по конфигурации и размерам полностью отвечающая размерам и формам стержня. Стержневой ящик обычно изготавливается из двух половинок. При изготовлении стержня части ящика собираются, скрепляются специальными скобами, во внутреннюю полость засыпается приготовленная стержневая смесь и уплотняется вручную при помощи пневматических трамбовок или на специальных машинах. После уплотнения стержневой смеси ящик разбирают, аккуратно вынимают изготовленный, но не прочный стержень, укладывают на специальную плиту – «драйер» и сушат или в газовых камерных печах или химическим способом (продувкой углекислотой). После этого стержень становится довольно прочным и не разрушается от действия жидкого металла. Обычно после сушки стержни окрашивают специальными противопожарными красками и подают на участок сборки литейных форм. Таким образом, изготовление стержней всегда происходит раньше, чем изготовление формы. Изготовление литейной формы в нашем случае производим следующим образом. На гладкую деревянную или металлическую плиту 4 устанавливается нижняя полумодел 3, и опока 2. В опоку насыпается формовочная смесь (облицовочная и наполнительная) и уплотняется специальными пневматическими трамбовками. После уплотнения формовочная смесь представляет собой плотный спрессованный песчаный материал с определенной прочностью. После уплотнения излишки формовочной смеси с опоки счищаются линейкой, делаются «душником» вентиляционные наколы 1 для выхода газов при заливке. Приготовленную таким образом нижнюю полуформу поворачивают на 180°, устанавливают на нее верхнюю полумодел 7 с выпором 6 и стояком 5. Линию разъема и модель посыпают графитом (или смесью керосина с графитом), чтобы при изготовлении верхней полуформы формовочная смесь нижней полуформы не соединилась с верхней. Устанавливается верхняя опока 8 с фиксацией по отверстиям специальными фиксаторами (штырями), засыпается и уплотняется аналогичным образом формовочная смесь. Иногда в верхнюю полуформу устанавливают специальные крючки для более надежного крепления уплотненной формовочной смеси. После уплотнения и очистки излишков смеси делают вентиляционные наколы, верхнюю полуформу снимают и поворачивают, устанавливая на специальную плиту. Из верхней и нижней полуформ аккуратно вынимают модели 3 и 7, выпор, (прибыль), стояк и элементы литниковой системы. После выемки моделей по разъему в обеих полуформах получили полость, соответствующая наружной геометрии детали. В нижнюю полуформу в «знаки» укладывают стержень 9 и вновь верхнюю опоку аккуратно

устанавливают по центрирующим штырям на нижнюю полуформу. Так получается форма в сборе, готовая к заливке жидким металлом. Собранную таким образом форму устанавливают на свободные площади в цехе (на «плац») и заливают жидким металлом, предварительно установив груз на верхнюю полуформу, чтобы заливаемый металл не смог своей подъемной силой приподнять верхнюю полуформу. Нами разобран конкретный пример изготовления вручную литейной формы в двух опоках. В промышленности, в зависимости от условий производства и от серийности деталей, могут применяться другие способы изготовления форм. При ручной формовке – это формовка в опоках, формовка в стержнях, формовка в почве, формовка по шаблону и т.д. Но наибольшее применение имеют методы машинной формовки на специальных встряхивающихся машинах, полуавтоматических и автоматических установках. Это улучшает условия работы, повышает производительность труда, сокращает брак отливок и т.д. Формовочные машины устанавливают обычно «в паре»: на одной машине изготавливается нижняя полуформа, на другой – верхняя. Формовочные машины оборудованы поворотными столами, уплотняющими (встряхивающими) механизмами. Извлечение модели из уплотненной формы производится за счет поворота стола или специальными подъемниками. Уплотнение формовочной смеси применяется самое разнообразное: верхнее и нижнее прессование, встряхивание, пескометное уплотнение. В качестве примера разберем схему изготовления формы на встряхивающей формовочной машине. На столе формовочной машины 5 крепится подмодельная плита 1 с моделью 2. На подмодельную плиту устанавливается опока 3 с наполнительной рамкой 4. Из бункера сверху в опоку насыпается формовочная смесь. Под поршень 6 подается сжатый воздух, поднимающий стол до тех пор, пока не откроется выпускное отверстие 7, через которое сжатый воздух под давлением уходит в атмосферу. Стол при этом резко падает вниз, ударяясь о цилиндр 8. Благодаря таким повторяющимся многочисленным ударам (10–20 раз) смесь хорошо уплотняется. Сверху опоки уплотнение слабее, поэтому применяется доуплотнение вручную или на машине. При помощи поворотного стола или штифтовых подъемников уплотненная полуформа снимается с подмодельной плиты и процесс повторяется. Механизировано на машинах изготавливается и большинство стержней. С целью получения наиболее качественной поверхности стержни и формы перед сборкой красят специальными огнеупорными красками. Наиболее крупные формы и стержни очень часто сушат. Основная цель сушки – удаление влаги из высушиваемых форм и стержней и придание им газопроницаемости и прочности.

Тема: Ручная формовка

Ручная формовка является старейшим способом производства отливок. Она широко применяется в условиях мелкосерийного или индивидуального производства, при создании уникальных отливок. Использование для форм современных материалов позволяет получать высококачественные отливки практически любой степени сложности. Необходимо учитывать, что создание модели и подготовка к ручной формовке – дорогостоящая операция. В стоимости отливки при ручной формовке заметную часть составляет стоимость модели. Для сокращения расходов, улучшения качества подготовки модели в настоящее время широко применяют специализированные системы автоматизированного проектирования.

Под модельным комплектом понимают набор приспособлений, предназначенных для изготовления рабочих полостей в литейной форме и стержней. Он обычно включает литейную модель, стержневые ящики, модели элементов литниково-питающей системы, формовочные и стержневые шаблоны, а также подмодельные или модельные плиты. Материал для модельного комплекта выбирают в зависимости от типа производства и серийности заказа на изготовление отливок.

Литейная модель служит для образования в литейной форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам отливки. В большинстве моделей предусматриваются дополнительные (по отношению к конфигурации отливки) части, называемые знаками, которые образуют в литейной форме базы (гнезда) для установки стержней.

Стержень – это элемент литейной формы для образования отверстия, полости или иного сложного контура в отливке.

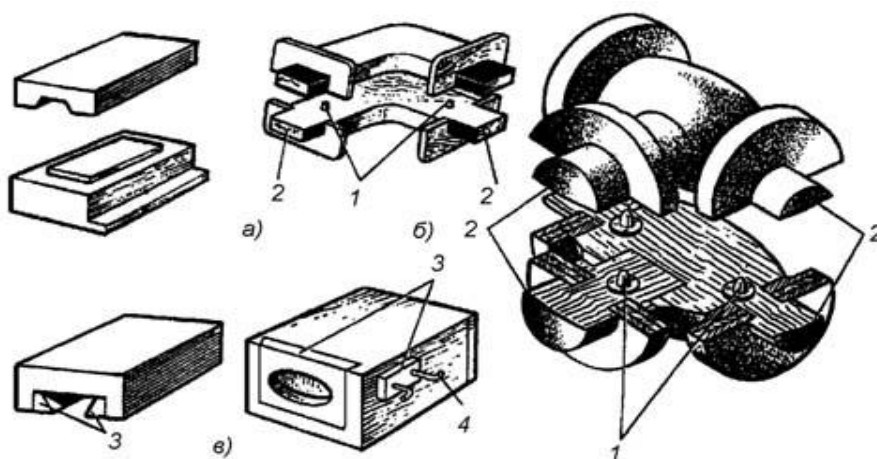


Рисунок 19– Типы литейных моделей: а – неразъемные; б – разъемные; в – с отъемными частями; 1 – шипы; 2 – знаки; 3 – отъемные части; 4 – гвозди.

По конструкции, которая обуславливается удобством формовки, литейные модели подразделяют на неразъемные и разъемные. При этом разъемные модели широко используются при производстве отливок более сложной и разнообразной конфигурации, когда рабочая полость формируется в двух опоках. В единичном и мелкосерийном производстве, когда оформлять выступающие элементы отливок стержнями экономически нецелесообразно, в моделях могут быть предусмотрены отъемные части (рис.3.2, б, в), которые остаются на рабочей поверхности формы после извлечения из нее модели, а затем также извлекаются. Разъемные модели широко применяют при производстве отливок сложной конфигурации. Точное соединение разъемных моделей осуществляется с помощью деревянных шипов или металлических дюбелей. Удобство извлечения модели из полуформы при ручной формовке достигается с помощью металлических приспособлений, закрепляемых на модели, которые называются подъемами.

Стержневые ящики служат для изготовления стержней ручной и машинной формовкой на встряхивающих, пескодувных и пескострельных машинах. По конструктивным особенностям их подразделяют на три типа: цельные, разъемные и встряхные. Цельные применяют для изготовления стержней простой конфигурации с большими уклонами на боковых стенках, что обеспечивает их легкое извлечение из ящика. Разъемные ящики наиболее распространены, так как их применяют для изготовления стержней самой разнообразной конфигурации и размеров. Встряхные деревянные ящики имеют корпус коробчатого типа, в который вставляют четыре специальных вкладыша, оформляющих рабочую поверхность получаемых стержней. При этом тыловые стенки вкладышей

исполняются с большими уклонами, что обеспечивает легкость их извлечения из корпуса при его подъеме.

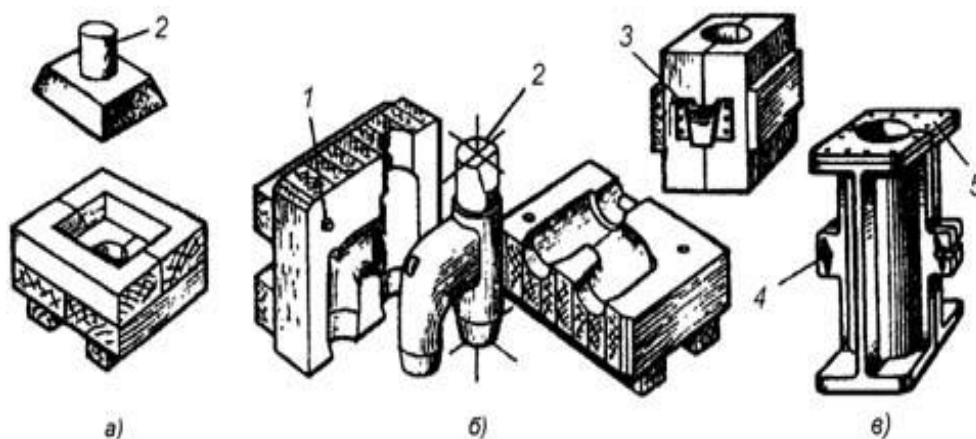


Рисунок 20– Стержневые ящики а – цельный; б – разъемный деревянный; в – разъемный металлический; 1 – шипы; 2 – стержни; 3 – скоба; 4 – гайка; 5 – стальная накладка.

Большинство деталей, получаемых методом литья, имеют внутренние полости или отверстия, для получения которых в литейную форму вставляют специальные элементы, называемые стержнями. Использование стержней значительно расширяет возможности приближения геометрической формы отливки к конструкции детали, что, соответственно, снижает ее себестоимость за счет повышения выхода годного. С другой стороны, стержни могут значительно усложнить изготовление и особенно сборку литейной формы. Следовательно, для упрощения сборки литейных форм и повышения точности отливки желательно, чтобы количество стержней, вставляемых в одну форму, было возможно меньшим: один-два. Чем проще очертания стержня, тем проще и легче его изготовить. Поэтому сложные по очертаниям стержни расчлняют на несколько простых, которые затем склеивают между собой.

Технологические сложности представляет вопрос об укреплении стержней в форме. Следует помнить, что стержни, изготовленные из песчано-глинистой смеси, имеют в несколько раз меньший удельный вес, чем расплавленный металл. Поэтому плохо укрепленный стержень может всплыть и испортить, таким образом, конфигурацию отливки. Кроме того, плохо укрепленный стержень может быть также сдвинут с места или перекошен при установке, при сборке или заливке. Необходимо стремиться к тому, чтобы стержень опирался на форму не одним концом (знаком), а, по крайней мере, двумя. Достаточно часто этого удастся добиться, например, простым изменением конструкции отливки. Иногда для

укрепления стержня в форме приходится применять специальные фиксирующие приспособления (жеребейки), которые изготавливают из тонколистовой стали (при стальном или чугунном литье) в виде подставок. После заполнения формы металлом жеребейки расплавляются и сплавляются с залитым металлом.

Определение полостей и конструктивных элементов, которые будут выполняться с помощью литейных стержней, рекомендуется осуществлять после назначения припусков и напусков. Литейные стержни для выполнения отверстий обычно назначают в том случае, когда диаметр отверстия составляет не менее 20-25 мм. Литейные стержни также не рекомендуют использовать тогда, когда длина отверстия примерно равна или меньше его диаметра.

Режим заполнения литейных форм расплавом надлежит регулировать таким образом, чтобы происходило заполнение рабочей полости формы, и в нее не проникали пена, шлаки и другие неметаллические включения, вызывающие загрязнение отливок. Регулируя режим заполнения, необходимо иметь в виду, что от него зависит образование многих дефектов, связанных с тепловыми условиями затвердевания отливки и взаимодействием расплава с материалом формы (усадочные раковины, пористость, трещины, коробление, ужимины).

Режим заполнения форм расплавом регулируют посредством назначения конструкции литниковой системы и места подвода металла в форму. Размеры основных элементов литниковой системы обычно рассчитывают в соответствии с заданной скоростью движения потока расплава, выбираемой из условий достижения максимального качества отливки по вышеперечисленным дефектам.

При изготовлении фасонных отливок используют литниковые системы следующих основных типов: верхнюю, нижнюю, боковую и комбинированную. Верхняя литниковая система наиболее проста в изготовлении и обеспечивает хорошую заполняемость при кратчайшем пути металла до полости формы, создает наиболее благоприятные условия для направленного затвердевания отливки снизу и пр. Основной недостаток – каскадный сброс расплава в форму, приводящий к интенсивному захвату воздуха, окислению и перемешиванию металла с образовавшейся пеной. При этом в такой литниковой системе ухудшаются условия задержания шлака и повышается вероятность размыва формы и стержней падающей струей. Поэтому верхние литниковые системы рекомендуются назначать для отливок небольшой высоты (до 100 мм).

Нижняя литниковая система в наибольшей степени обеспечивает спокойное заполнение формы, исключаящее вспенивание, разбрызгивание и окисление расплава, хорошо задерживает неметаллические включения и способствует удовлетворительной заполняемости и последовательному вытеснению воздуха и газа из формы. Вместе с тем, нижняя литниковая система плохо обеспечивает заполняемость высоких тонкостенных отливок с развитой поверхностью. Поэтому при отношении высоты отливки к толщине стенки (средней) более 50 для обеспечения заполняемости рекомендуют применять комбинированную систему.

Боковая литниковая система обеспечивает заполнение нижней части отливки сверху, а верхней части отливки – снизу. Ее широкое применение обусловлено удобствами выполнения в форме.

Прибыль – это часть литниково-питающей системы, предна-значенной для устранения в отливке усадочной раковины и пористости. Принято считать, что для обеспечения нормального процесса затвердевания отливки целесообразно обеспечивать условие, при котором каждая лежащая выше часть отливки служит как бы прибылью по отношению к нижележащей. Эффективность работы прибыли обеспечивается при соблюдении следующих условий: прибыль должна затвердевать после отливки или питаемого термического узла; запас жидкого металла в прибыли должен быть достаточным для питания отливки во время ее затвердевания; форма прибыли и ее расположение должны обеспечивать свободный доступ жидкого металла к отливке и питаемому узлу; размеры и масса прибыли должны быть минимальными. Наиболее распространенными являются открытые прибыли, которые значительно упрощают технологический процесс изготовления литейной формы. Число прибылей, необходимых для заданной отливки, определяется, главным образом, количеством тепловых центров (массивных частей), которые могут сформироваться при затвердевании фасонной отливки.

Прибыли в отливке обычно назначают в тех случаях, когда существует высокая вероятность, что усадочные дефекты (раковины или пористость) будут локально располагаться в теле отливки. Прибыли не назначают для отливок из сплавов, которые имеют низкий коэффициент объемной усадки (менее 1,1-1,2%), например, из серого чугуна или силумина. Кроме того, прибыли могут отсутствовать в мелких фасонных отливках, масса литниковой системы которых составляет не менее 10-15% от массы заливаемого

металла. В этом случае усадка металла компенсируется за счет металла литникового стояка и выпоров.

Модели литниковых систем включают в себя все необходимые для подвода металла элементы: питатели, шлакоуловители, стояки, выпоры, литниковую чашу, а также специальные элементы питания отливок (прибыли, питающие бобышки и т.п.).

Формовочные литейные шаблоны используют при безмодельном изготовлении форм для получения крупных единичных отливок, имеющих форму тел вращения. Их выполняют в виде плоских скребков с прямолинейной или фасонной режущей кромкой.

Подмодельные (подопочные) плиты служат для образования в форме плоскости разъема. При ручной формовке применяют деревянные подмодельные плиты. При машинной формовке используются металлические плиты, на которых жестко закреплены элементы модели и литниковой системы. Эти плиты называются модельными.

Контрольные сборочные шаблоны используют для контроля взаимного расположения стержней, а также конфигурации внутренней полости литейной формы. Обычно используются для качественных отливок сложной геометрической формы.

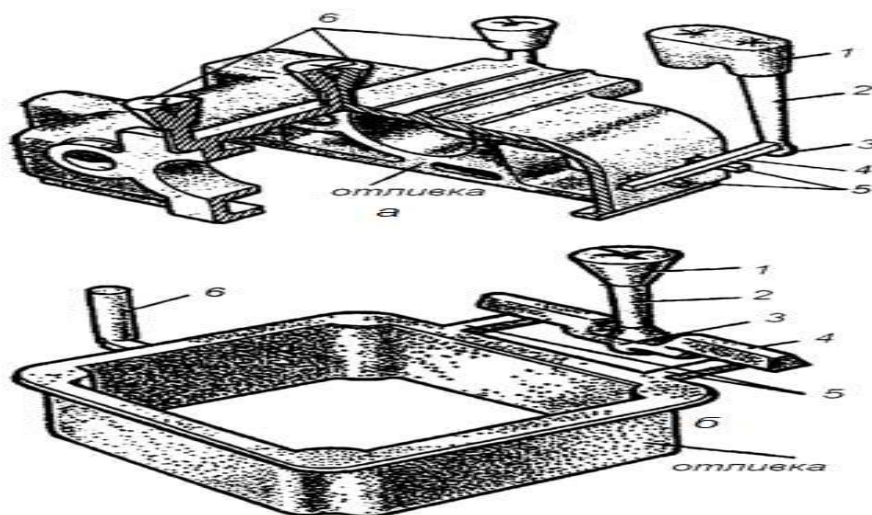


Рисунок 21– Модели литниковых систем с подводом металла в среднюю часть отливки (а) и с верхней литниковой системой и боковым выпором (б): 1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – металлоприемник; 4 – лит-никовый ход (коллектор); 5 – питатели; 6 – выпоры.

Совокупность технологических операций по изготовлению литейных форм и стержней, способных выдержать воздействие расплавленного металла и сообщить ему свои очертания,

называется формовкой. Основными операциями ручной формовки являются наполнение опоки формовочной смесью, уплотнение ее, извлечение модели и сборка формы. Формовка в опоках отличается большим разнообразием приемов, позволяющих обеспечить минимальные затраты труда и расходы при заданной серийности отливок. Формовку рабочей полости литейной формы выполняют с помощью модельного комплекта.

Неразъемные модели просты и дешевы в изготовлении и поэтому достаточно широко используются на практике. При использовании неразъемных моделей обеспечивается более высокая производительность, улучшаются условия труда, повышается размерная точность форм и т.п. Процесс изготовления литейной формы при этом объединяет определенную совокупность операций, которая рассмотрена ниже.

1. Для формовки нижней полуформы модель отливки 1 и опоку 3 устанавливают на подмодельную (подопочную) плиту 2 так, чтобы расстояние между стенкой опоки и моделью было не менее 25-30 мм.
2. Модель припыливают лycopодием или серебристым графитом, чтобы предотвратить прилипание к ней формовочной смеси.
3. Модель покрывают слоем просеиваемой через сито облицовочной смеси толщиной 15-20 мм для мелких отливок и 30-40 мм для крупных отливок .
4. Оставшийся объем опоки заполняют наполнительной смесью в несколько приемов слоями толщиной 50-70 мм .
5. Уплотнение засыпанной формовочной смеси ручной набойкой 4, а верхний слой - башмаком трамбовки 5 .
6. Излишек смеси очищают линейкой 6 вровень с кромками опок, образуя поверхность, называемую контрландом, и накалывают на ней вентиляционные каналы, не доходящие до поверхности модели на 10-15 мм .

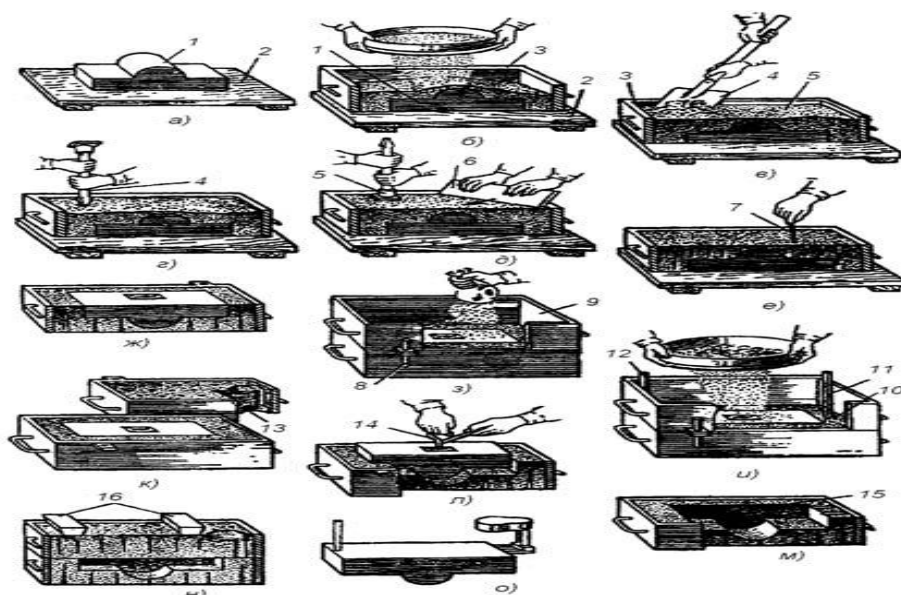


Рисунок 22 - Технологический процесс формовки по неразъемной модели

7. Готовую нижнюю полуформу вместе с заформованной в ней моделью поворачивают на 180 градусов .
8. На нижнюю полуформу по центрирующим штырям 8 устанавливают верхнюю опоку
9. Плоскость разъема присыпают мелким разъединительным песком с целью предотвращения слипания формовочной смеси нижней и верхней полуформ.
10. В верхней опоке устанавливают модели элементов литниковой системы (коллектора 10, стояка 11 и выпора 11).
11. В верхнюю опоку засыпают слой просеянной облицовочной смеси с таким расчетом, чтобы он закрыл поверхность модели.
12. Весь объем верхней опоки заполняют наполнительной формовочной смесью.
13. Уплотнение засыпанной формовочной смеси ручной набойкой 4, а верхний слой - башмаком трамбовки 5.
14. Излишек смеси очищают линейкой 6 вровень с кромками опок и накалывают на ней вентиляционные каналы, не доходящие до поверхности модели на 10-15 мм.
15. Прорезают литниковую чашу и извлекают модель стояка и выпора.
16. Готовую верхнюю полуформу 13 снимают , поворачивают плоскостью разъема вверх и осматривают.
17. Специальным подъемником 14 извлекают модель из нижней полуформы, предварительно слегка расталкивая ее для облегчения процесса извлечения .
18. Специальным инструментом прорезают каналы питателей литниковой системы, соединяющей стояк и полость литейной формы.

19. Производят контрольный осмотр поверхности формы 15 и плоскости разъема, исправление поврежденных мест специальным инструментом (гладилками, ланцетами и т.п.) и очистку полости формы от остатков смеси .
20. Производят сборку полуформ по центрирующим штырям и устанавливают груз 16

Полученная в результате выполнения технологических операций отливка с литниковой системой.

Формовка по разъемной модели является наиболее распространенной для изготовления различных по конфигурации отливок. Наиболее часто применяют модели с горизонтальной плоскостью разъема формы. Последовательность выполнения основных технологических операций формовки в этом случае достаточно близка к формовке по неразъемной модели, рассмотренной в предыдущем разделе. Исключение составляют дополнительные операции, связанные с установкой и извлечением верхней полумодели, а также установкой стержня в форму (при его наличии).

Схема процесса и последовательность выполнения основных технологических операций формовки в двух опоках по разъемной модели показаны на рисунке.

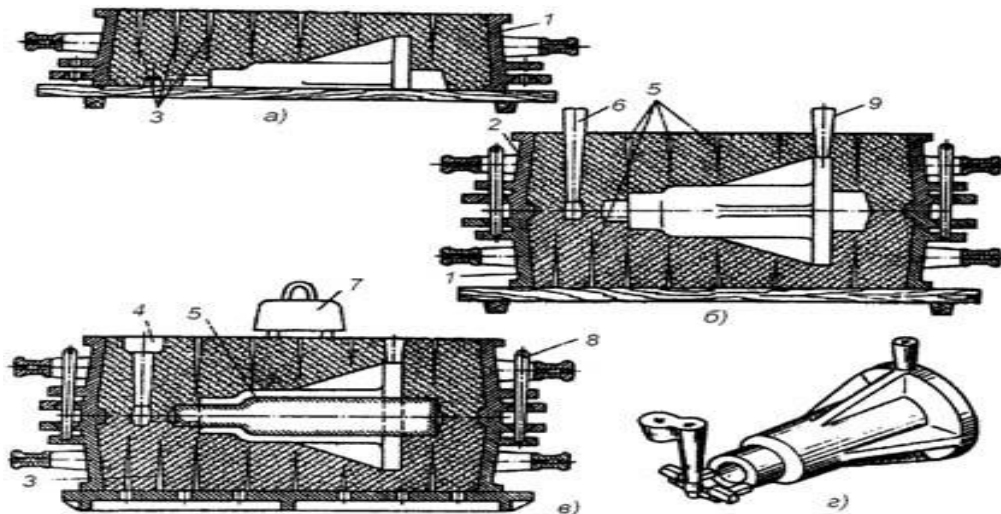


Рисунок 23 – Технологический процесс формовки по разъемной модели: а, б – нижняя и верхняя полуформы; в – собранная под заливку форма; г - отливка с литниковой системой; 1 и 2 – верхняя и нижняя опоки; 3 – вентиляционные каналы; 4 – литниковая чаша; 5 – стержень; 6 – стояк; 7 – груз; 8 – штыри.

При нарушении технологической дисциплины в отливке возможно образование дефектов. В ГОСТ 19200-92 дефекты разделяют на следующие группы:

- дефекты по несоответствию размеров (недолив, разностенность, перекося, коробление);
- несплошность металла отливки (горячие трещины, холодные трещины, газовая пористость, усадочная раковина, усадочная пористость и др.);
- несоответствие металла отливок требованиям (состав, ликвация, отбел);
- наличие включений (металлических, неметаллических и др.).

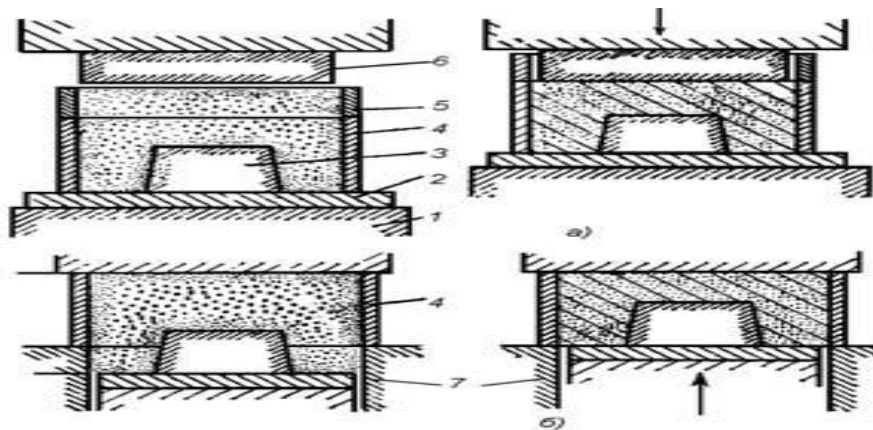


Рисунок 24 – Методы верхнего (а) и нижнего (б) прессования при машинной формовке: 1 – неподвижная траверса; 2 – подмодельная плита; 3 – модель; 4 – опока; 5 – наполнительная рамка; 6 – прессовая колодка; 7 – прессовый стол.

Дефекты в общем случае делят на две группы - неисправимые и исправимые. Отливка с неисправимыми (обычно крупными) дефектами идет на переплавку. Исправимые (обычно мелкие) дефекты устраняют.

Наиболее распространенными дефектами являются раковины и трещины. Газовые раковины – пузыри воздуха или газов, которые остались в теле отливки после ее затвердевания в форме. Газовые раковины образуются из-за недостаточной газопроницаемости и повышенной влажности формовочных смесей, плотной набивки смеси в форме, низкой температуры заливаемого металла, неправильной конструкции литниковой системы. Песчаные раковины образуются из-за разрушения или обвала отдельных частей формы при заливке металла.

Усадочные раковины – открытые или закрытые полости в теле отливки, имеющие неровную внутреннюю поверхность. Они могут образовываться при неправильном подводе металла расплава в полость формы или слишком высокой температуре расплава.

Усадочные трещины – разрывы тела отливки в местах небольшой толщины и значительной длины, в местах значительного перепада толщин. Холодные трещины образуются вследствие внутренних напряжений, возникающих из-за различий в скорости охлаждения тонких и толстых мест отливки.

Горячие трещины образуются в процессе формирования отливки при высокой температуре металла и потому имеют темную окисленную поверхность. Причины – плохое раскисление расплава, низкая податливость стержней, а также ранняя выбивка отливок из формы .

Тема: Машинная формовка

Машинная формовка является основным методом изготовления форм в массовом, крупносерийном и серийном производствах. Машины позволяют механизировать две основные операции формовки: уплотнение смеси и удаление модели из формы и, кроме того, некоторые вспомогательные операции (устройство литниковых каналов, поворот опок и т. д.). При механизации процесса формовки улучшается качество уплотнения, возрастает точность геометрических размеров отливки, резко повышается производительность труда, облегчается труд рабочего и улучшаются санитарно-гигиенические условия в цехе, уменьшается количество брака.

Процесс изготовления форм в парных опоках на машинах осуществляется следующим образом. Формовочная смесь каким-либо транспортным устройством (системой ленточных конвейеров или электротельфером с бадьей) подается в бункеры, установленные над машинами. Пустые опоки (верхняя и нижняя) с места выбивки форм подаются к машинам по рольгангам. Как правило, нижнюю полуформу изготавливают на одной машине, а верхнюю — на другой. На стол машины устанавливают опоку, далее с помощью дозатора или питателя опоку заполняют смесью из бункера. Затем уплотняют смесь. Готовую полуформу снимают с машины и подают на приемное устройство (чаще всего рольганг), где полуформу отделяют (устраняют дефекты, делают вентиляционные каналы, окрашивают, если это необходимо и т. д.) и затем транспортируют на сборку. Если форма должна быть высушена, то полуформы направляют в сушило до сборки и только после остывания и отделки — на сборку. В массовом производстве мелких отливок иногда применяют безопочную формовку. Этот способ правильнее было бы называть способом безопочной заливки, так как формовку осуществляют несообразно применять для форм, изготавливаемых прессованием под высоким давлением.

Формовочные машины

Формовочные машины классифицируют по методам:

- 1) уплотнения смеси;
- 2) удаления модели из формы;
- 3) приведения машины в действие.

Классификация машин по методу уплотнения формовочной смеси. Различают следующие типы формовочных машин:

- 1) с ручным уплотнением;
- 2) прессовые с давлением прессования до 5 кгс/см² и более 10 кгс/см²;
- 3) встряхивающие;
- 4) пескометы;
- 5) пескодувные;
- 6) пескострельные;
- 7) специальные (уплотнение формовочной смеси осуществляется методами, отличными от перечисленных).

На машинах с ручным уплотнением смесь уплотняют ручными или пневматическими трамбовками. По существу эти машины являются только приспособлениями для извлечения модели из формы. Сейчас такие машины не делают, хотя их и продолжают применять в действующих цехах. Эти машины имеют малую производительность.

Прессовые машины. Различают машины с верхним и нижним прессованием. При верхнем прессовании плиту с моделью укрепляют на столе. На плиту устанавливают опоку с наполнительной рамкой, затем в них насыпают формовочную смесь. Стол с опокой поднимается и прессовая колодка, входя внутрь наполнительной рамки, уплотняет формовочную смесь. Прессование заканчивается в момент, когда вся формовочная смесь, находящаяся в наполнительной рамке, перейдет в опоку. Высота прессовой колодки и высота наполнительной рамки одинаковые.

По мере удаления от прессовой колодки степень уплотнения уменьшается до определенного предела и затем несколько возрастает из-за сопротивления, которое оказывает жесткая плоскость модельной плиты передвижения смеси в процессе уплотнения. С увеличением высоты опоки увеличивается неравномерность уплотнения смеси. По этой причине высота опок ограничивается размером 200-250 мм.

В машинах с нижним прессованием роль наполнительной рамки выполняет углубление в неподвижном столе. По сравнению с верхним прессованием степень уплотнения смеси будет больше у модели. Этот вариант технологически более благоприятен, однако такие машины обладают худшими эксплуатационными качествами.

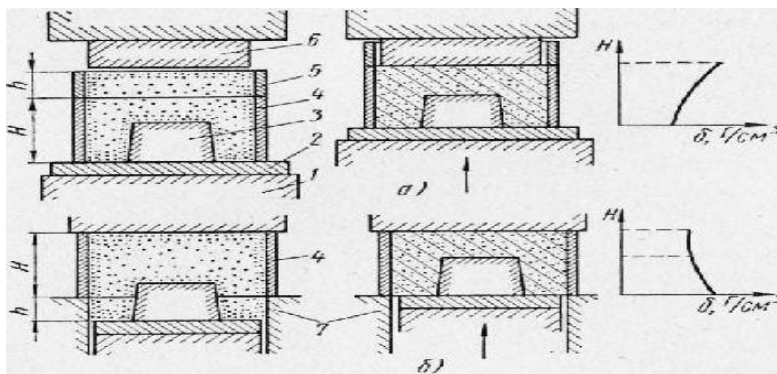


Рисунок 25 . Схема верхнего (а) и нижнего (б) прессования и график распределения плотности по высоте опоки

В некоторых машинах прессование осуществляется вместе с вибрацией. Песчинки смеси совершают колебания с малой амплитудой и с большой частотой, трение между ними и о боковые стенки опоки уменьшается. В результате прессование происходит более эффективно, т.е. значительно улучшается равномерность уплотнения в форме. В этом случае можно применять более высокие опоки.

Прессовые машины, работающие под высоким давлением до 20 кгс/см² и более, позволяют уплотнять смеси в высоких опоках, которые ранее использовали на встряхивающих машинах, работающих с большим шумом. Прочность формовочной смеси при этом способе уплотнения увеличивается за счет сцепления зерен песка, а не за счет сил связи между водными оболочками вокруг зерен песка. Поэтому на этих машинах можно использовать смеси с пониженной влажностью (1,5-3%), что уменьшает брак отливок по газовым раковинам.

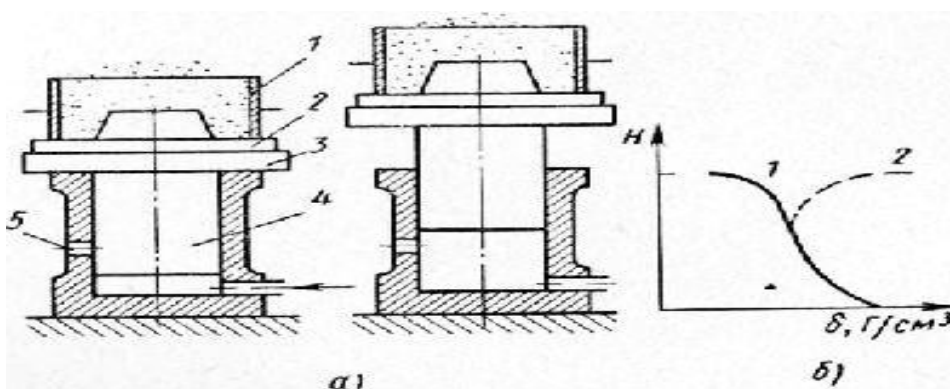


Рисунок 26. Схема работы встряхивающей формовочной машины и распределение степени уплотнения смеси по высоте опоки

Встряхивающие машины. На столе машины укреплена плита с моделью, на которую устанавливают опоку, заполняемую формовочной смесью. Стол поднимается под давлением воздуха на 30-80 мм. После того, как поршень 4 дойдет до отверстия, сжатый воздух выходит, и стол, падая, ударяется о преграду. Уплотнение происходит под действием сил инерции смеси. Число ударов стола о преграду, которой являются борта пневматического цилиндра, составляет 30-50 в минуту.

При встряхивании наиболее сильно уплотняются нижние слои, непосредственно прилегающие к модельной плите. По мере удаления от плиты масса вышележащего слоя смеси уменьшается, а следовательно, и уменьшается степень уплотнения. Верхний слой смеси остается практически неуплотненным.

Характер распределения плотности смеси по высоте опоки при встряхивании описывается кривой.

Верхние слои смеси в опоках уплотняют дополнительным прессованием — подпрессовкой. С этой целью на машинах устанавливают специальные подпрессовочные устройства.

Характер распределения плотности смеси по высоте опоки при встряхивании с подпрессовкой описывается кривой.

Пескометы. Основной рабочей частью пескомета является головка. Внутри кожуха головки с большой скоростью вращается ротор с одной или (реже) двумя лопатками. Скорость вращения ротора до 1500 об/мин. Через отверстие в кожухе лопатки выбрасывают смесь. При падении за счет сил инерции смесь уплотняется.

Головку монтируют на подвижной консоли пескомета, что дает возможность перемещать ей в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Смесь в головку подается транспортером. Поэтому можно уплотнять смесь в опоках больших размеров. Степень уплотнения смеси по высоте опоки практически одинаковая. С помощью пескомета можно изготовлять формы в опоках любой высоты.

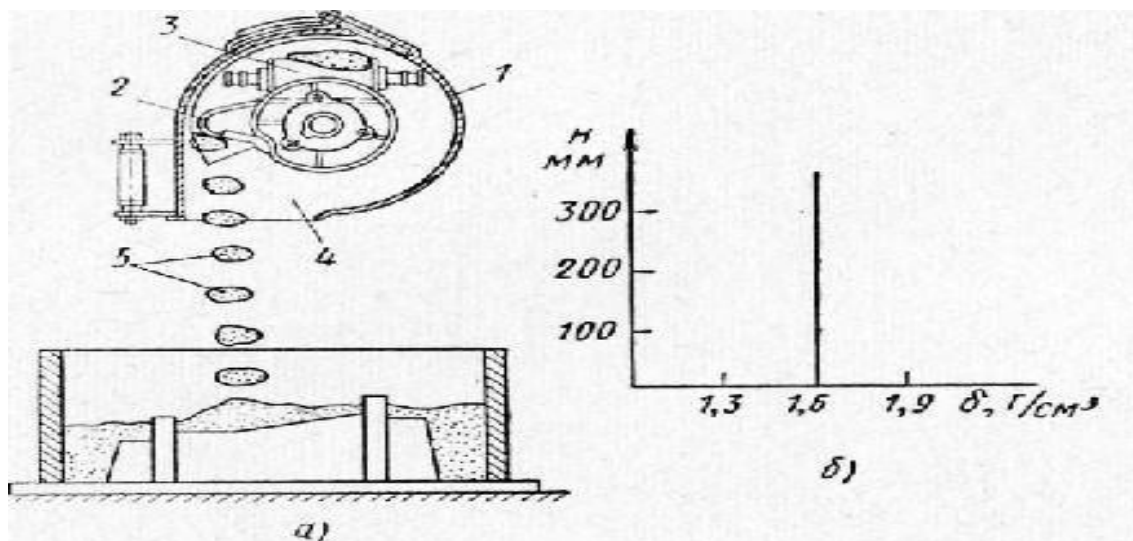


Рисунок 27. Схема уплотнения смеси пескометом и распределение степени уплотнения смеси по высоте опоки

Производительность пескометов составляет обычно не менее 10-12 м³/ч формовочной смеси, поэтому их целесообразно применять для изготовления средних и крупных форм и стержней. Пескометры только заполняют смесью опоки и уплотняют ее. Другие операции, относящиеся к формовке, они не выполняют.

Следует отметить, что формы или стержни с помощью пескометов изготавливают двумя способами:

- 1) перемещением пескомета относительно неподвижных опок или стержневых ящиков;
- 2) перемещением на каком-либо транспортном устройстве опок или стержневых ящиков относительно неподвижно установленного пескомета.

Пескодувные машины. Формовочную (стержневую) смесь вдувают в опоку (стержневой ящик) под значительным давлением. Вибратор предусмотрен для предупреждения зависания смеси в бункере. После заполнения резервуар цилиндром 6 перемещается по польгангу на рабочую позицию. При этом бункер перекрывается шиберным затвором. Опока (стержневой ящик) прижимается столом к вдувной плите. Сжатый воздух через распределитель поступает в пескодувный резервуар и через вдувные отверстия выносит смесь в виде песчано-воздушной массы в полость опоки (стержневого ящика) и уплотняет ее. В опоке (в стержневом ящике) имеются отверстия (венты), закрытые сеткой и предназначенные для выхода воздуха из полости опоки (ящика). Воздух, стремясь выйти через венты, приобретает высокую скорость, что содействует уплотнению смеси. Если

изготавливаемый стержень имеет сложную конфигурацию, то вентры следует располагать в труднодоступных для смеси местах ящика.

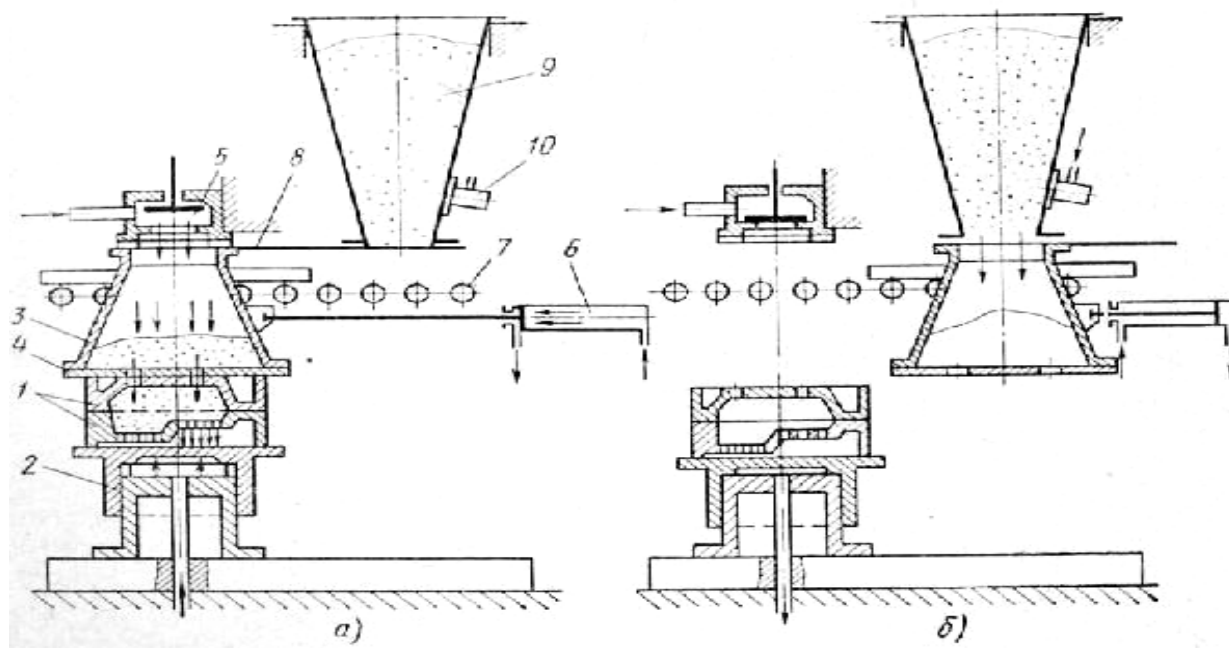


Рисунок 28 . Схема работы пескодупной машины: а — надув смеси в стержневой ящик; б — заполнение пескодупного резервуара смесью

Пескострельные машины. Пескострельные машины являются разновидностью пескодупных машин. Смесь в пескострельных машинах уплотняется мгновенным перемещением смеси под давлением воздуха из пескострельного резервуара через вдувное отверстие в стержневой ящик (в опоку). Сжатый воздух из резервуара через быстродействующий клапан большого сечения поступает в рабочий резервуар. Давление в резервуаре мгновенно повышается и ударно действует на смесь, выбрасывая ее через вдувное отверстие в полость стержневого ящика (опоки). Сопло (вдувное отверстие) обязательно должно быть конической формы, чтобы воздух не прорвался в стержневой ящик и не ухудшил качество уплотнения смеси. Отверстия во вдувной плите необходимы для удаления воздуха, вытесняемого смесью из стержневого ящика. В стержневом ящике (опоке) вентры, как правило, отсутствуют, что в значительной степени удешевляет конструкцию ящика (опоки).

В пескострельном процессе не происходит образования воздушно-песчаной смеси. Уплотнение смеси происходит за счет кинетической энергии потока смеси.

Отсутствие песчано-воздушной массы резко снижает абразивное действие потока смеси на оснастку, что позволяет применять деревянные ящики.

Примерами таких машин могут быть машины для формовки труб, уплотняющие смесь в опоках механически действующими трамбовками, или машины, уплотняющие смесь шнеками. Такие машины применяют сравнительно редко.

Классификация машин по методу извлечения модели из формы. Эти машины подразделяют на следующие типы:

- 1) со штифтовым подъемом опок;
- 2) с протяжкой модели;
- 3) с поворотной плитой;
- 4) с перекидным столом.

Машины со штифтовым подъемом опок. После уплотнения смеси в опоке четыре штыря (штифты) проходят через отверстия в подмодельной плите и, упираясь в углы опоки, поднимают ее над моделью, которая вместе со столом 5 машины остается неподвижной. Подъем штифтов и их передвижение осуществляется пневматическими цилиндрами. Для предупреждения перекосов опоки и разрушения формы необходимо, чтобы верхние концы штифтов были установлены точно на одном уровне.

На практике машины со штифтовым подъемом применяют только для формовки по простым и невысоким моделям.

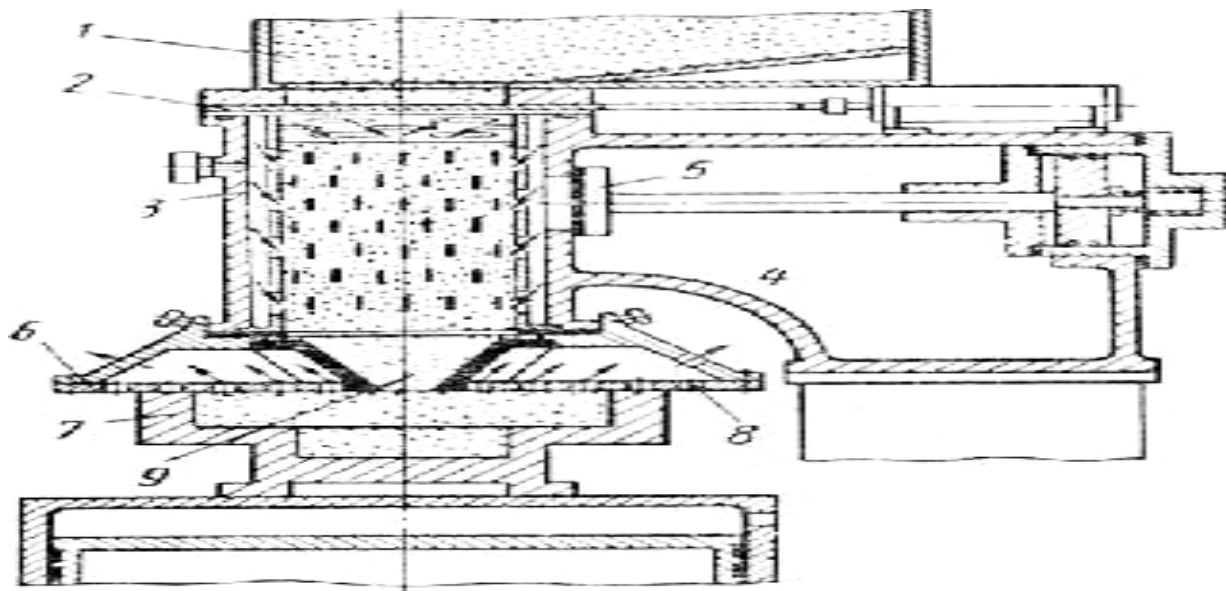


Рисунок 29 .Схема работы пескострельной машины

Протяжку осуществляют двумя способами: с проваливающейся моделью и в комбинации со штифтовым подъемом.

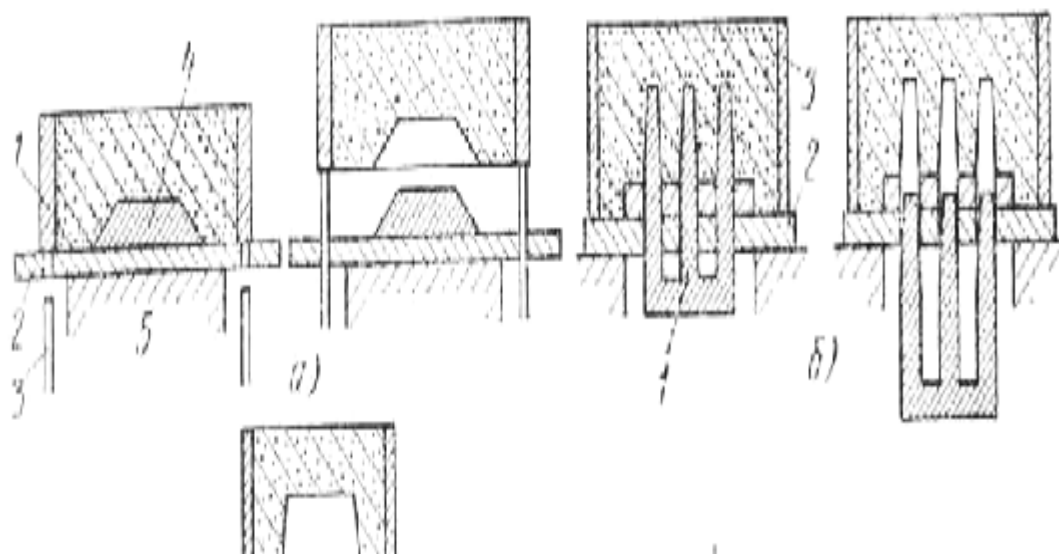


Рисунок 30. Схема машины со штифтовым подъемом опоки (а) и протяжкой модели (б, в)

При первом способе после уплотнения смеси в опоке модель опускается специальным механизмом через прорези в неподвижной подмодельной плите. Затем опоку снимают с машины и отправляют на сборку. Выступающие части формы, расположенные между ребрами, при протяжке модели поддерживаются снизу неподвижной подмодельной плитой, поэтому они не обваливаются. При втором способе протяжки на специальной протяжной плите устанавливают опоку. Плита имеет прорезы, соответствующие конфигурации модели. После уплотнения смеси в опоке модель, закрепленная на столе, остается неподвижной, а протяжная плита, поддерживающая кромку смеси около модели, вместе с опокой поднимается штифтами. Таким образом, осуществляется протяжка модели. С протяжной плиты опока снимается каким-либо транспортным устройством и отправляется на сборку форм.

Машины с поворотной плитой. После уплотнения формовочной смеси в опоке плита, на которой закреплены плита с моделью и опока, поворачивается вокруг на 180° . Затем опоку отсоединяют от поворотной плиты и передают на приемный стол, который, опускаясь, производит протяжку модели. Готовая полуформа по какому-либо транспортному устройству (чаще всего рольгангу) направляется на сборку.

Машины с перекидным столом. Принцип работы машины с перекидным столом аналогичен принципу работы машин с поворотной плитой, а сами машины различаются только конструктивным исполнением.

Классификация машин по типу привода. По типу привода машины подразделяют на ручные, пневматические, гидравлические, электрические.

Машины с ручным приводом малопроизводительны и в настоящее время почти не применяются.

Пневматические машины наиболее распространены на практике. Они просты по конструкции, требуют меньше ухода, чем другие типы машин, работают от сети сжатого воздуха (давление 5-7 ат).

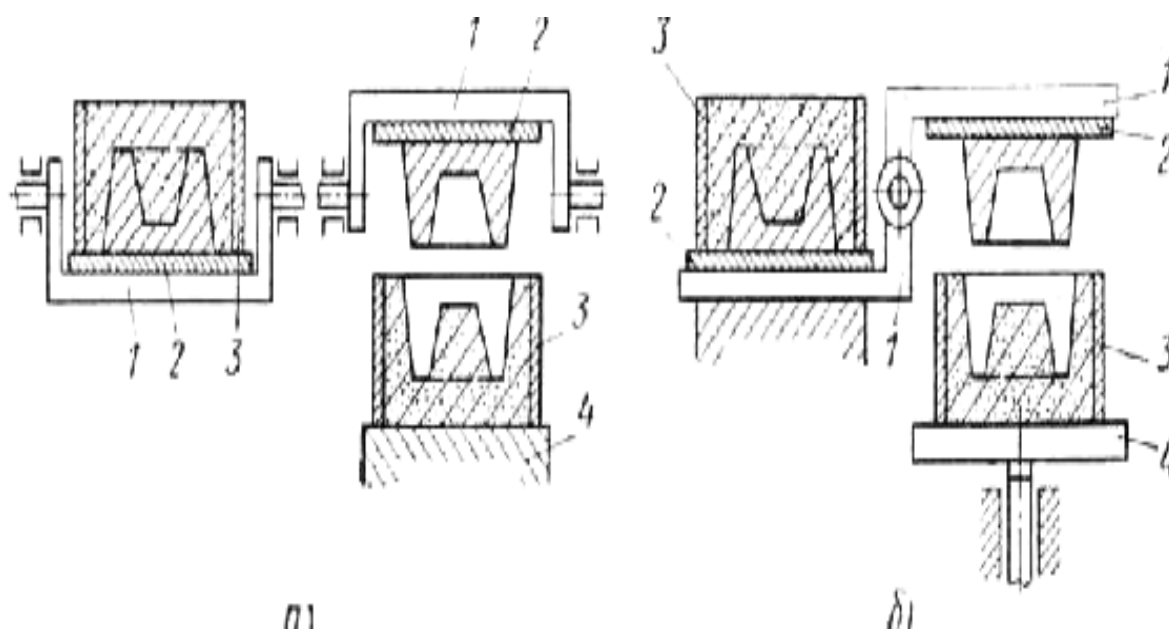


Рисунок 31.Схема машин с поворотной плитой (а) и перекидным столом (б)

Гидравлические машины приводятся в действие жидкостью под давлением от 50 до 100 ат. Каждый класс машин обладает определенными преимуществами и недостатками, которые, в конечном счете, определяют область их применения. Обычные прессовые формовочные машины дают удовлетворительное качество форм при использовании невысоких опок (высотой до 250 мм). Кроме того, конструктивные особенности этих машин ограничивают возможность изготовления крупных форм размером более 1000-1200 мм по ширине.

Прессовые машины, работающие под высоким давлением, позволяют получать формы в опоках высотой 500 мм и более с высокой степенью уплотнения и использовать смеси с пониженной влажностью, что улучшает качество литья. Встряхивающие машины позволяют получать формы в опоках любых размеров (от малых до самых крупных), но их нерационально использовать для опок высотой меньше 200 мм. Наилучшее уплотнение достигается при встряхивании с последующей подпрессовкой. Производительность прессовых машин выше производительности встряхивающих, так как при встряхивании для уплотнения формы необходимо произвести 30-50 ударов, на что расходуется больше времени, чем на один ход стола при прессовании. Встряхивающие машины с прессовыми колодками являются наиболее распространенными формовочными машинами, но в последние годы их стали вытеснять прессовые машины, работающие под высоким давлением, а также машины других типов. Встряхивающие машины работают с большим шумом. Пескомет механизмирует операции заполнения опоки и уплотнения смеси, но извлечение модели из формы производят отдельно. Пескомет рациональнее использовать для уплотнения крупных форм единичного и мелкосерийного производства. Пескодувные и пескострельные машины обладают высокой производительностью, дают качественное уплотнение смеси. Особого внимания заслуживают пескострельные машины. По сравнению с пескодувными машинами в них меньше расход воздуха, шире диапазон применяемых смесей. На пескодувных и на пескострельных машинах можно получать стержни любой сложности.

Автоматические формовочные машины

Формовочные и стержневые машины выполняют трудоемкие процессы формовки (уплотнение смеси, извлечение модели), но все-таки многие мелкие операции, снижающие производительность (очистка моделей, установка опок и т. д.) выполняются вручную, созданы высокопроизводительные формовочные машины, в которых механизированы все операции (кроме простановки стержней в форму). Полуавтоматические и автоматические формовочные машины подразделяют на однопозиционные проходные и многопозиционные карусельные. На однопозиционных проходных машинах все операции формовки осуществляются последовательно (обдувка модели воздухом, подача смеси в опоку, уплотнение, подпрессовка, снятие полуформы с подмодельной плиты и подача ее на приемное устройство). Многопозиционные карусельные машины имеют четыре и более позиций, расположенных с равными интервалами на круглом столе. На каждой позиции параллельно (одновременно) с другими выполняются различные технологические операции.

На рисунке представлена схема работы автоматической проходной однопозиционной встряхивающей формовочной машины с протяжной рамой. С участка выбивки пустые опоки толкателем по рольгангу подаются к машине. Шаг подачи опоки равен размеру опоки по ширине. Подъемный стол в нижнем положении находится на одном уровне с подающим рольгангом и является как бы отдельной секцией рольганга. Опока толкателем перемещается на подъемный стол. В это время протяжная рама с заформованной опокой находится на одном уровне со столом. Ходом толкателя пустая опока сталкивает полуформу с протяжной рамы и занимает ее место. Одновременно дозатор с воронкой и прессовой траверсой перемещаются до тех пор, пока воронка не расположится над пустой опокой. Протяжная рама с пустой опокой опускается на модельную плиту, открывается днище дозатора и отмеренная порция формовочной смеси через воронку насыпается в опоку. Затем начинается процесс встряхивания. Пустой дозатор с воронкой перемещается вправо под бункер, из которого поступает очередная порция смеси.

Вместе с дозатором передвигается и прессовая траверса. Она останавливается над столом машины. К этому моменту встряхивание заканчивается и прессовый поршень 9 поднимает стол и с ним подмодельную плиту и опоку. С помощью прессовой траверсы производят подпрессовку верхних, слабо уплотненных при встряхивании слоев формовочной смеси. Затем прессовый поршень начинает опускаться вместе с подмодельной плитой и опокой. Протяжная рама с опокой останавливается на одном уровне с приемными столами, а модель с плитой, жестко укрепленной на прессовом столе, продолжают опускаться, осуществляя тем самым протяжку модели. Готовая полуформа последующей пустой опокой сталкивается на стол-кантователь, который, поворачиваясь на 180° , ставит полуформу разъемом вверх на приемный рольганг. Стол-кантователь делают в машинах, предназначенных для изготовления нижних полуформ, так как он выдает их в удобном для сборки форм положении. В машинах для изготовления верхних полуформ стола-кантователя нет, готовая полуформа сталкивается сразу же на приемный рольганг. Затем готовые полуформы поступают на сборку форм.

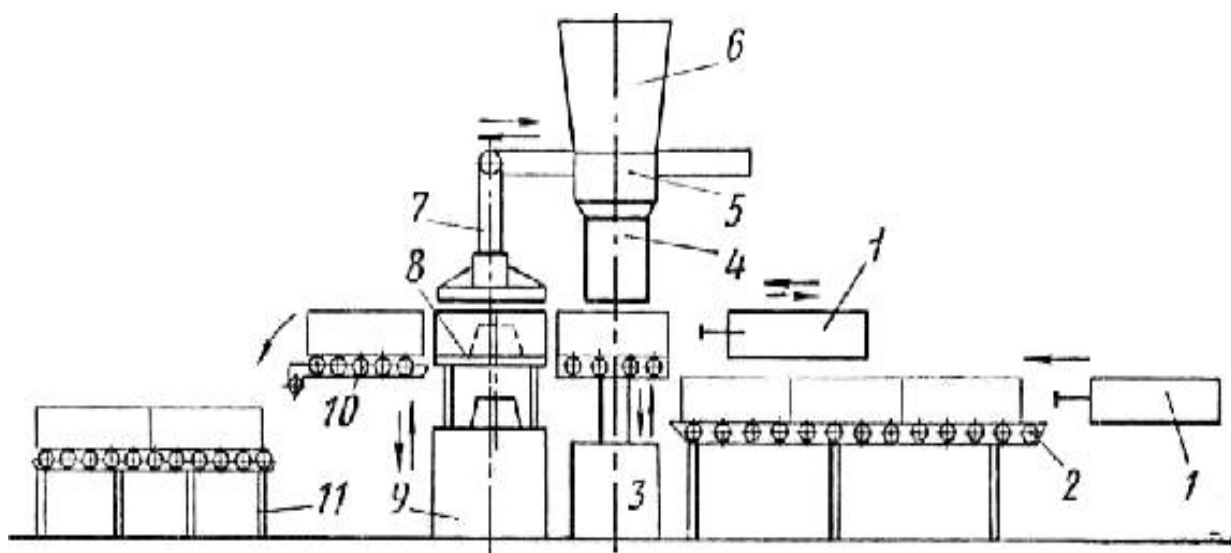


Рисунок 32. Схема работы формовочного автомата: 1 — толкатели; 2 — рольганг для подачи опок; 3 — подъемный стол; 4 — воронка; 5 — дозатор; 6 — бункер со смесью; 7 — прессовая траверса; 8 — протяжная рамка; 9 — корпус машины; 10 — приемный стол-кантователь; И — рольганг для подачи полуформ на сборку

На рисунке, а приведена упрощенная схема карусельного четырехпозиционного формовочного автомата. Механизмы машины, производящие технологические операции, расположены неподвижно относительно перемещающихся на карусели полуформ. Во время работы карусель периодически поворачивается на $\pi/2$ оборота. На позиции осуществляются операции обдувки смазки модели. На 11 позиции на подмодельную плиту устанавливается пустая опока, которая подается толкателем по рольгангу на кромочный рольганг, а с него на подмодельную плиту. При этом секции кромочного рольганга расходятся, как показано на рисунке, б. На этой же позиции происходит заполнение опоки смесью.

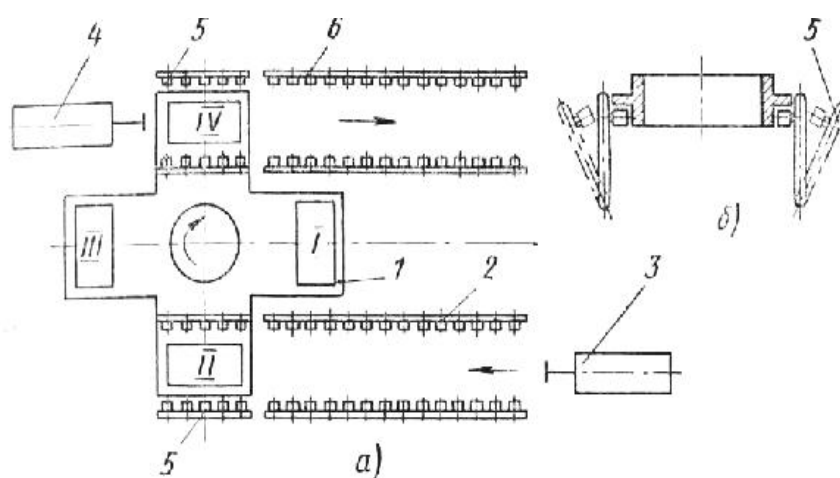


Рисунок 33. Схема четырехпозиционного формовочного автомата

На III позиции смесь уплотняется встряхиванием с подпрессовкой. На IV позиции осуществляется протяжка модели и съем готовой полуформы с помощью толкателя и кромочного рольганга. Затем по рольгангу 6 полуформы поступают на сборку.

На формовочном автомате на каждой позиции все механизмы работают одновременно и параллельно, что обуславливает его высокую производительность.

Тема : Изготовление форм на автоматических формовочных линиях

Автоматическая линия – комплексы оборудования, расположенные в технологической последовательности, связанные транспортом и объединенные системой управления, обеспечивающей автоматическое выполнение переходов и операций технологического процесса под контролем операторов.

Автоматическая линия формовки, заливки и набивки предназначена для производства отливок в разовых песчано-глинистых формах в сталелитейных и чугунолитейных цехах в условиях серийного и крупносерийного производства отливок. Линия создана на базе двух трехпозиционных формовочных машин, соединенных в единый комплекс рольгангами, и горизонтально-замкнутого тележечного литейного конвейера пульсирующего типа.

Уплотнение смеси происходит встряхиванием с последующим прессованием. Основные узлы: литейный пульсирующий конвейер, механизм съема форм с литейного конвейера, рольганга, механизм выдавливания «кома», механизм очистки опок, конвейер дополнительного охлаждения, выбивные решетки, распаровщик, трехпозиционные формовочные машины для формовки нижних и верхних полуформ, кантователь, установщик нижних полуформ на конвейер, сборщик форм, грузоукладчик, электрооборудование, гидрооборудование.

Работа линии происходит следующим образом. Залитые и охлажденные формы поступают на позицию механизма съема форм, поднимаются над литейным конвейером и по рольгангу перемещаются к механизму выдавливания

«кома», где происходит выдавливание комьев смеси с отливками вверх, откуда они попадают на конвейер дополнительного охлаждения. Этот конвейер позволяет резко сократить парк опок и сэкономить производственные площади за счет уменьшения длины литейного конвейера.

Далее комья смеси с отливками, перемещаясь по конвейеру, попадают на выбивную решетку, где происходит отделение отливок от горелой смеси.

Пустые опоки по рольгангу поступают на позицию механизма очистки опок, где очищаются от остатков смеси и передаются на рольганг, а затем – в распаровщик. После распаровщика опоки низа поступают в формовочную машину для изготовления нижних полуформ, а опоки верха по рольгангу двигаются к формовочной машине изготовления верхних полуформ. Изготовленные нижние полуформы передаются на кантователь, где

они кантуются и поступают на позицию установщика нижних полуформ, откуда литейным конвейером передаются к сборщику форм.

На участке литейного конвейера между установщиком нижних полуформ и сборщиком происходит установка стержней в нижние полуформы.

Полуформы верха, изготовленные на формовочной машине, передаются на кантователь, кантуются для осмотра, затем снова переворачиваются и поступают на позицию сборщика, где собираются с нижними полуформами.

Собранные формы, перемещаясь по литейному конвейеру, нагружаются с помощью грузоукладчика и поступают на участок заливки, где происходит заливка их металлом. После заливки, постепенно охлаждаясь, формы перемещаются к позиции механизма съема форм, и цикл повторяется.

Охлаждение форм на литейном конвейере происходит в охлаждающем кожухе с вытяжной вентиляцией. Система управления линии выполнена на бесконтактной аппаратуре на логических элементах. Аппаратура расположена в многосекционных шкафах управления.

Учитывая повышенные требования, предъявляемые к формовочным смесям, применяемым на автоматизированных установках, многие формовочные линии изготавливаются совместно со смесеприготовительными установками.

В современных литейных цехах осуществляются принципы комплексной автоматизации. С этой целью автоматические формовочные линии объединяются с блок-линиями для изготовления стержней, автоматическими линиями для заливки и выбивки форм, поточными линиями для очистки, зачистки и окраски форм.

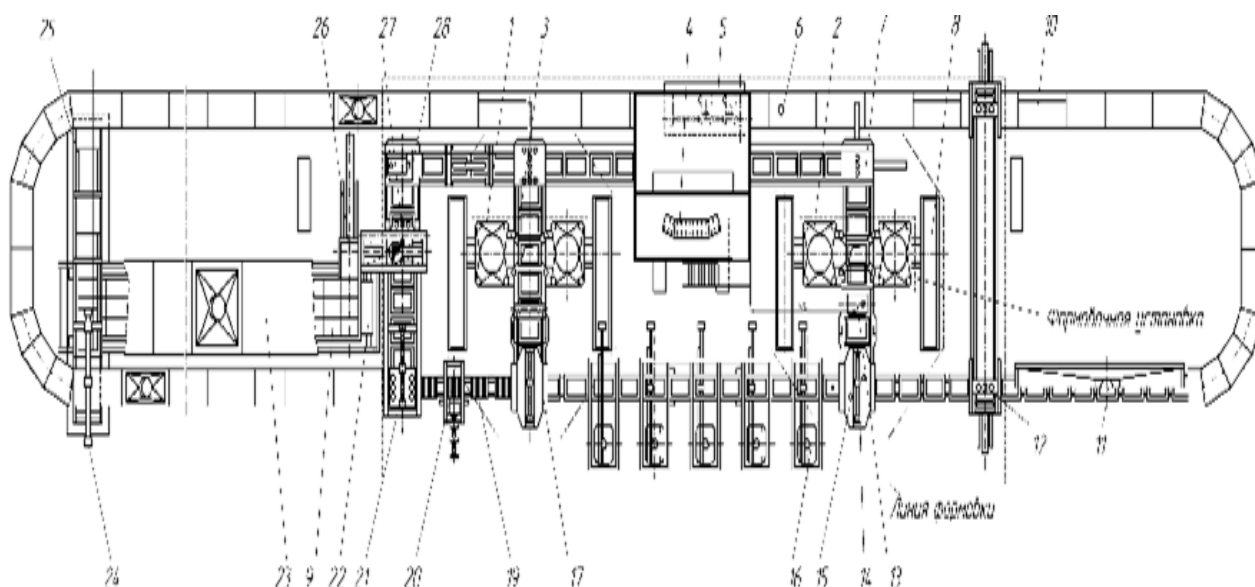


Рисунок 34. Схема планировки комплексной автоматической линии модели Л450А:

1, 2 – формовочная установка мод. 3019; 3 – распаровщик; 4 – центральный пульт управления; 5 – каретка силовых гидроцилиндров литейного конвейера; 6 – рольганг; 7 – устройство передачи верхних опок к формовочному автомату; 8 – устройство для замены модельных комплектов; 9 – брикеты на конвейере охлаждения; 10 – охлаждающий тоннель; 11 – место заливки; 12 – укладчик грузов; 13 – механизм накалывания вентиляционных каналов; 14 – кантователь верхних полуформ; 15 – сборщик форм; 16 – стержнеукладчик; 17 – устройство передачи нижних полуформ на литейный конвейер; 18 – устройство для срезания излишка смеси; 19 – тележка конвейера; 20 – устройство для очистки тележек; 21 – устройство для передачи залитых форм с литейного конвейера на выбивку; 22 – охлаждающий конвейер; 23 – тоннель интенсивного охлаждения; 24 – толкатель брикетов на выбивку; 25 – выбивная решетка; 26 – толкатель брикетов на конвейер охлаждения; 27 – установка выдавливания брикетов с отливками из опок; 28 – устройство передачи комплекта пустых опок; 29 – литейный пульсирующий конвейер; 30 – кантователь нижних полуформ

Для обеспечения надежных связей между отдельными агрегатами, входящими в состав автоматических линий, предусматриваются соответствующие накопители для опок, готовых форм и др. Внедрение автоматизации в литейном производстве ликвидирует тяжелый ручной труд, позволяет значительно улучшить условия труда и общее санитарно-гигиеническое состояние цеха.

Для изготовления мелких отливок применяют автоматические линии безопочной формовки. Наиболее применяемыми являются линии безопочной формовки со сборкой форм в горизонтальную опоку. Основные преимущества изготовления отливок на таких линиях по сравнению с опочной формовкой на автоматических линиях следующие: отсутствие опочной оснастки; отсутствие транспортных средств и механизмов для перемещения и манипуляций с пустыми опоками; простота устройств для выбивки безопочных форм; отсутствие устройств для нагружения форм во время заливки.

На рисунке показана комплексная автоматическая линия безопочной горизонтально-стопочной формовки.

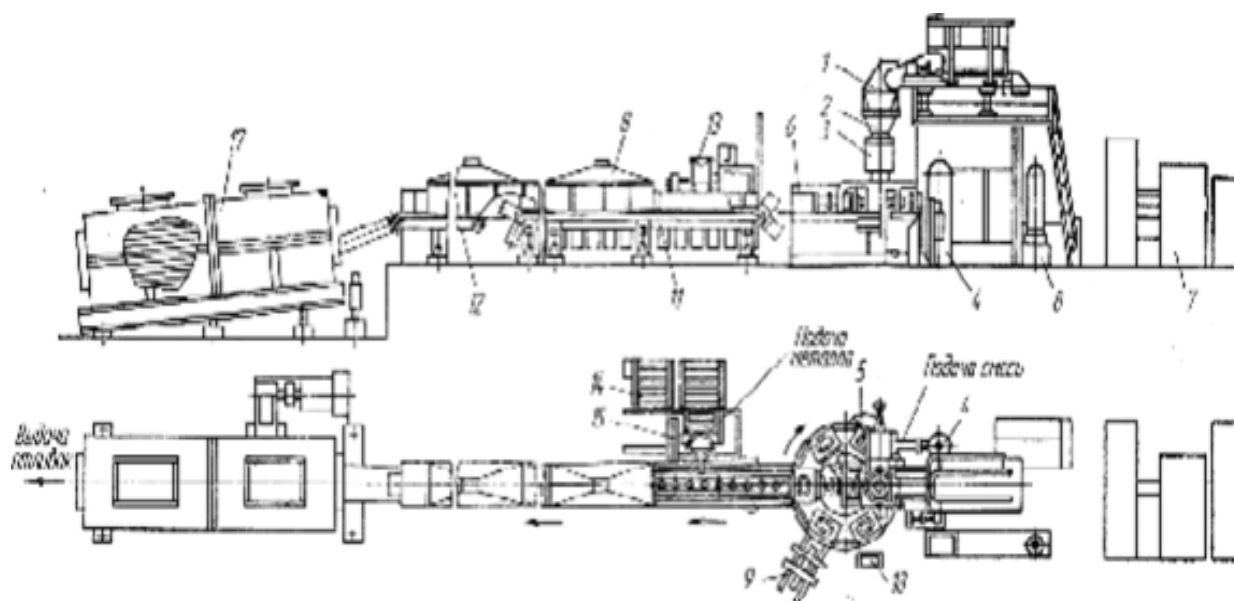


Рисунок 35. Комплексная автоматическая линия АЛ23714 безопочной горизонтально-стопочной формовки, сборки, заливки и выбивки:

1 – дозатор ленточный 19613; 2 – бункер; 3 – пескодувная головка; 4 – ресивер; 5 – формовочный автомат; 6 – поворотный стол; 7 – гидроагрегат; 8 – гидроаккумулятор УГ.210.000; 9 – стержнеукладчик; 10 – шаговый конвейер; 11 – цепной конвейер; 12 – ленточный конвейер; 13 – заливочная машина 4126А; 14 – роликовый конвейер заливочной машины; 15 – заливочный ковш; 16 – выбивающая вибрационно-инерционная решетка 31222; 17 – выбивающий барабан 31312; 18 – пульт управления линией

Схема процесса безопочной формовки с горизонтальным разъемом формы.

На столе машины устанавливают верхнюю опоку в опроки-

нутаом положении и на нее кладут двустороннюю модельную плиту. На эту плиту ставят нижнюю опоку, затем засыпают в нее смесь, которую уплотняют встряхиванием. После этого опоку устанавливают на подопочный щиток и переворачивают на 180°, затем в верхнюю опоку засыпают смесь и уплотняют при помощи встряхивания и последующего прессования. Далее прорезают стоек, снимают верхнюю опоку, удаляют модель, устанавливают стержни и осуществляют сборку формы.

Таблица 15. Техническая характеристика линии АЛ23714

Параметр	Норма
Габаритные размеры форм (брикетов), мм	800×600
Высота формы в стопке, мм	250-400
Цикловая производительность, форм/ч	
Металлоемкость формы, кг средняя наибольшая	
Давление прессования, МПа	до 2,5

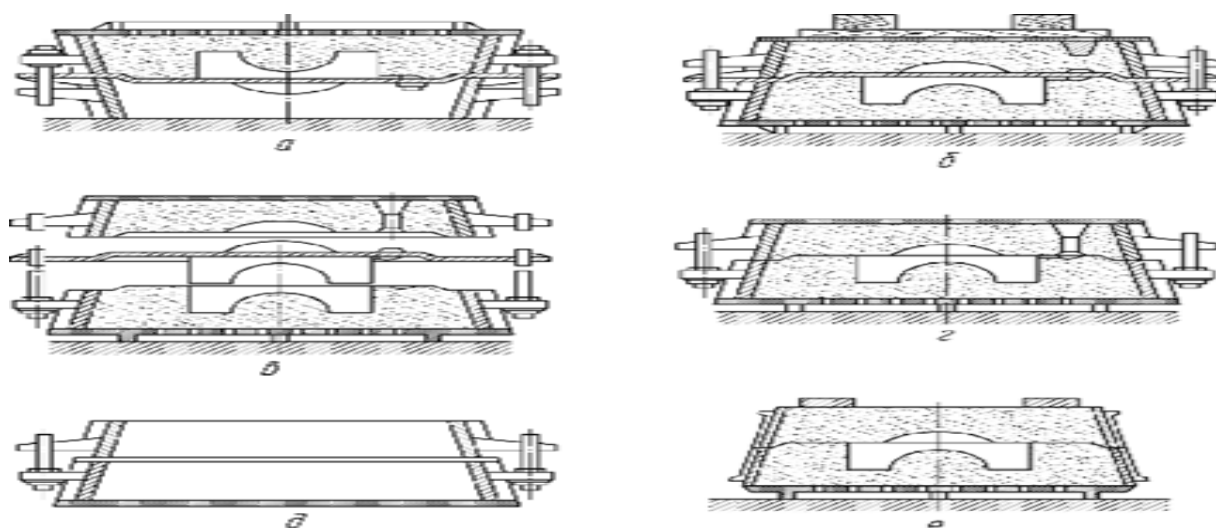


Рисунок 36. Безопочная формовка

После этого опоки снимают, а форму на подопочном щитке ставят на конвейер для заливки. Перед заливкой на форму надевают жакет и сверху кладут груз для

предотвращения подъема верхней половины формы под давлением жидкого металла. Для предотвращения сдвига верхней полуформы относительно нижней, а также для предупреждения прорыва металла по разъему формы модельные плиты для безопочной формовки обычно делаются с уступом-замком высотой 10 мм и уклоном 45°.

Безопочная формовка применяется обычно при массовом производстве мелкого литья (массой до 5 кг).

В практике получения отливок безопочной формовкой на многих заводах в нашей стране и за рубежом нашли применение автоматические формовочные линии изготовления безопочных форм с вертикальным разъемом по технологии Дисаматик. Такая технология обеспечивает: повышение выхода годного литья; снижение затрат на зачистку литья; снижение эксплуатационных расходов; более эффективное использование формовочной смеси; повышение точности отливок; улучшение структуры отливок и повышение качества поверхностей; экономия производственных площадей; улучшение условий труда благодаря опыту ДИСА в литейном деле.

Линии Дисаматик компактны, удобны в эксплуатации.

Схема изготовления безопочных форм с вертикальным разъемом на линии Дисаматик мод. 2110.

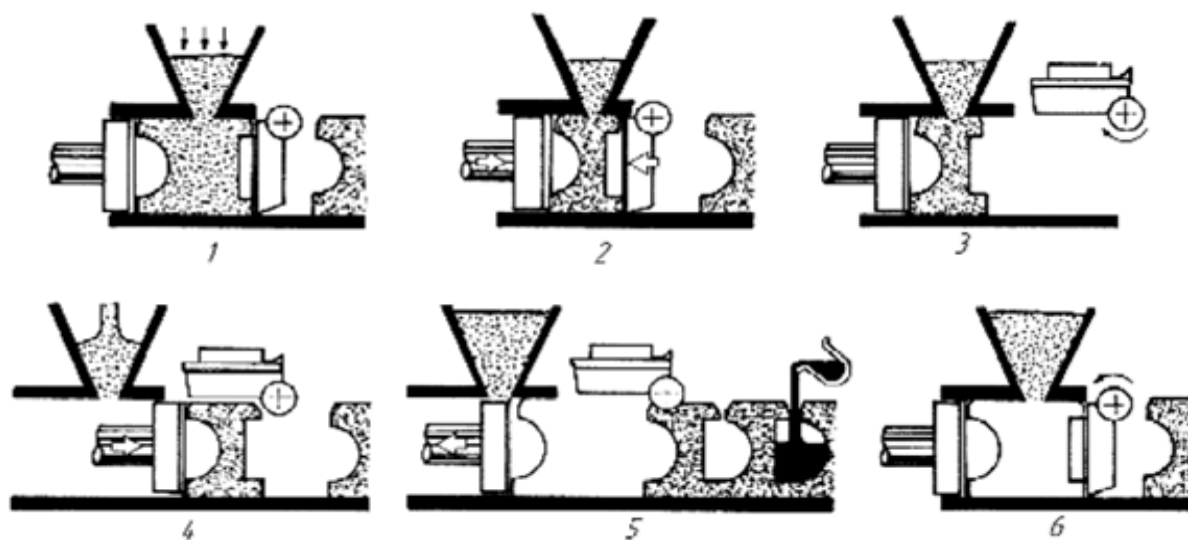


Рисунок 37 . Последовательность операций формовки:

1 – надув смеси; 2 – прессование смеси; 3 – отделение поворотной пресс-плиты; 4 – сборка форм и транспортировка стопки форм; 5 – отделение пресс-плиты; 6 – закрывание формовочной камеры

Операции изготовления форм на линии происходят в следующей последовательности:

1. Надув смеси – открывается шибер и с помощью сжатого воздуха смесь вдувается в формовочную камеру. Одновременно могут включаться вибраторы на прессплите и на поворотной пресс-плите.

2. Прессование смеси – поворотная пресс-плита и пресс-плита, оснащенные модельными комплектами, движутся навстречу друг другу до достижения заданного давления. Одновременно включаются вибраторы. Давление прессования может регулироваться для получения форм необходимой прочности. Продолжительность прессования может быть увеличена для повышения качества формовки при сложных моделях. При этом происходит выравнивание внутренних напряжений в форме перед вытяжкой модели.

3. Отделение поворотной пресс-плиты – поворотная пресс-плита медленно отделяется от формы и откидывается в горизонтальное положение, открывая формовочную камеру. Во время вытяжки модели могут включаться вибраторы. На этой операции может производиться обдув поверхности формы для удаления лишней смеси. Жесткая конструкция машины и точная вытяжка модели практически исключают разрыв даже при сложных моделях.

4. Сборка форм и транспортировка стопки форм – пресс-плита выталкивает новую форму из камеры. Скорость движения формы непосредственно перед ее сборкой со стопкой замедляется. По достижении необходимого усилия сборки пресс-плита синхронно с автоматическим конвейером форм (АКФ) перемещает всю стопку вперед на величину толщины одной формы. Прецизионный ход прессплиты и специальная конструкция АКФ исключают возможность несогласованности и повреждения форм.

5. Отделение пресс-плиты – пресс-плита медленно отделяется и возвращается в исходное положение в формовочной камере. В это же время на обе модельные плиты наносится разделительная жидкость. В процессе отделения могут включаться вибраторы. Одновременно может производиться заливка предыдущей формы.

6. Закрывание формовочной камеры – поворотная пресс-плита поворачивается вниз и занимает исходное вертикальное положение в формовочной камере. Исходное положение

может регулироваться, что позволяет отцентрировать прессплиты относительно пескодувной щели. Толщина формы может регулироваться в широких пределах для получения оптимального соотношения между количеством смеси и металла. На линии используют формовочную смесь следующего состава, % по массе: оборотная смесь 92,8-96,8 кварцевый песок 3,0-6,0 бентонитовая глина 0,4-1,0. Средний размер зерна наполнителя смеси определяется требованиями к качеству поверхности отливки. Средний размер зерна 0,15-0,28 по *DIN*. Прочность на сжатие сырой смеси 0,13 МПа. Прочность на разрыв сырой смеси 0,02 МПа. Прочность на разрушение 0,03 МПа. Уплотняемость 40 ± 2 %. Влажность подбирается для достижения уплотняемости 40 ± 2 %. Глиносодержание по *AFS* 11-13 %. Содержание активной глины более 7 %. Потери при прокаливании 3,5-7,5 %. Летучие вещества 1,5-3,0 %.

Таблица 16- Техническая характеристика линии 2110

Параметр	Норма
Размер форм, мм: высота ширина толщина	100-315
Давление прессования, МПа	0-1,2
Максимальная длина конвейера, м	
Время охлаждения при толщине форм 200 мм и производительности 205 форм/ч, мин	

Вакуумный способ изготовления литейных форм. Вакуумная формовка (V-процесс) имеет ряд преимуществ по сравнению с технологией литья в разовые песчано-глинистые формы: повышение качества отливок; резкое уменьшение расхода исходных материалов; снижение трудоемкости процесса формообразования; отсутствие связующего в формовочном материале. Вакуумирование формы в процессе заливки и охлаждения металла позволяет исключить выделение газов. Что улучшает условия труда, уменьшает загрязнение окружающей среды и способствует сокращению капитальных затрат и эксплуатационных расходов на вентиляцию производственных помещений.

Суть способа и последовательность операций иллюстрируются. Модельная плита 5 с закрепленной на ней моделью 2 смонтирована на вакуумной камере 1. Полость этой камеры соединена сквозными тонкими каналами 4 с поверхностью плиты и модели. Синтетическую пленку 3 толщиной до 0,1 мм с площадью поверхности, равной площади модельной плиты на плане в течение нескольких секунд нагревают до перевода ее в пластическое состояние. Нагретую пленку накладывают сверху на модель и подключают полость камеры 1 через патрубок 6 к вакуумному насосу. Пленка плотно облегает поверхность модельной плиты и модели, точно воспроизводя ее контур. На модельную плиту с пленкой устанавливают коробчатую опоку 7, внутренняя стенка которой имеет отверстия 10. Опока через патрубок 11 соединена с вакуум-насосом. В нее засыпают огнеупорный наполнитель 9, и модельную плиту вибрируют. Далее отформовывают литниковую чашу и линейкой укладывают избыток песка из полуформы, выполняя ровный контрлад. На последний накладывают синтетическую пленку 8 (без нагрева) и подключают опоку к вакуумному насосу. Полуформа в результате вакуумирования приобретает необходимую прочность. Для съема полуформ с модельной плиты вакуумную камеру 1 отключают от вакуумного насоса. Верхнюю полуформу соединяют с нижней, которую изготавливают аналогичным способом. В процессе сборки полуформ, заливки металлом и затвердевания отливки опоки подключены к вакуум-насосу. После затвердевания отливки 14 вакуум-насос отключают, и отливка вместе с песком вываливается из опок. Песок после охлаждения вновь используется для формовки. Уплотнение песка производится при вакууме порядка 50 кПа.

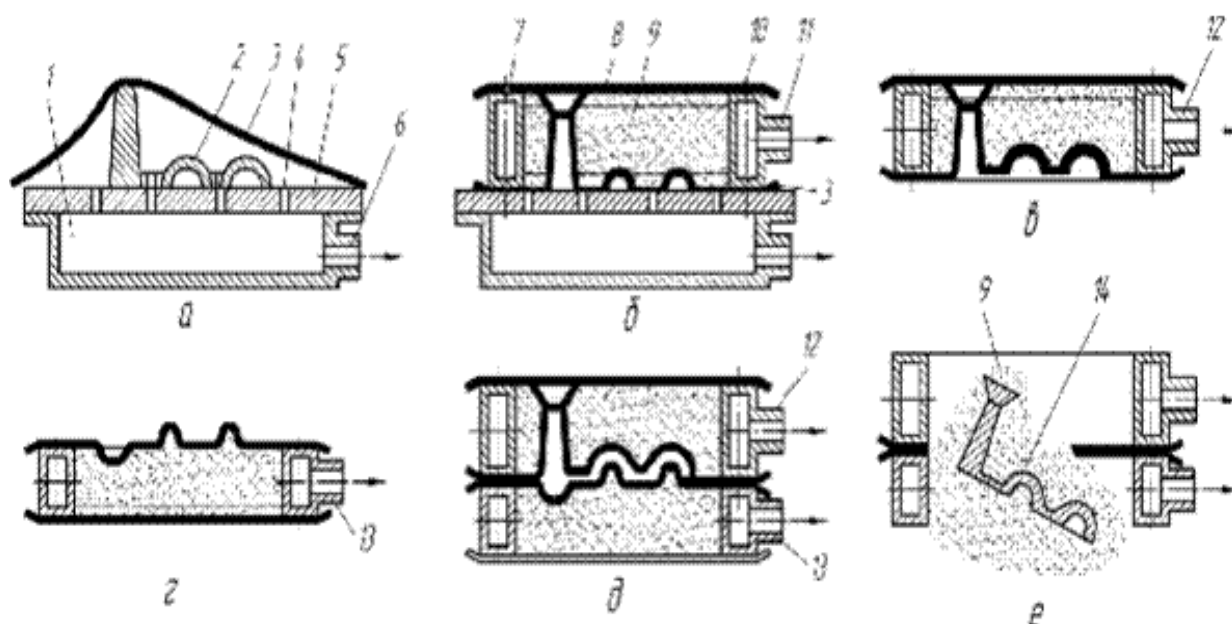


Рисунок 38 . Последовательность операций при вакуумно-пленочной формовке:

а – накладывание пленки на модельную плиту; *б* – изготовление верхней полуформы; *в* – верхняя полуформа; *г* – нижняя полуформа; *д* – форма в сборе; *е* – выбивка отливки; 1 – вакуумная камера; 2 – модель; 3 – пленка; 4 – отверстие в модельной плите; 5 – модельная плита; 6 – патрубок; 7 – коробчатая опока; 8 – пленка; 9 – наполнитель; 10 – отверстие в опоке; 11, 12, 13 – патрубки; 14 – отливка

Технология получения отливок на линии рассчитана на использование как низких, так и высоких моделей, поскольку толщина формы регулируется в зависимости от размера модели. Модель может быть заменена в течение рабочего цикла. В зависимости от производственной необходимости можно изготавливать большие и мелкие партии отливок из любого металла от стали до алюминия.

В состав линии входят следующие компоненты: формовочная машина

1; устройство для подачи модельных плит 2; стержнеукладчик 3; устройство для быстрой замены модельных плит 4; бункер для песка 5; вакуумная установка 6; гидравлическая установка 7; установка для перемещения поддонов и зажимов 8; зона заливки 9; линия заливки и охлаждения 10; конвейер охлаждения (двухдорожечный) 11.

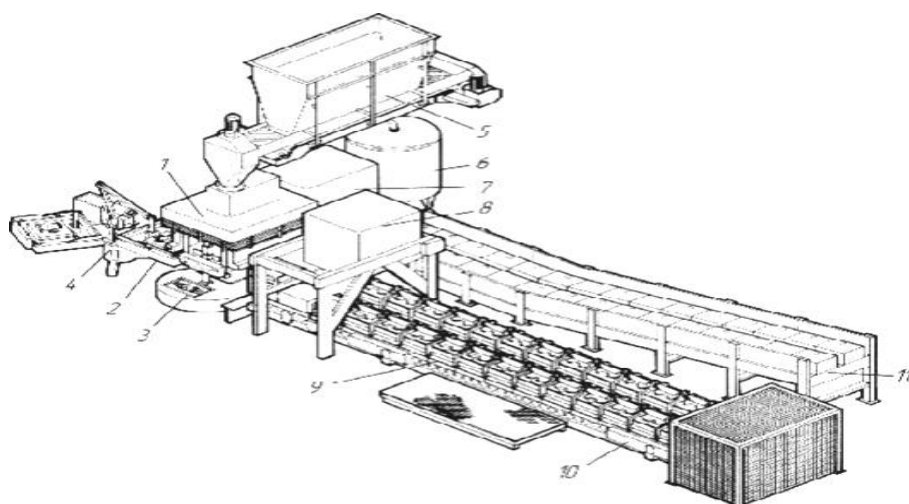


Рисунок 39 . Схема линии вакуумной формовки Дисматик:

1 – формовочная машина; 2 – устройство для подачи модельных плит; 3 – стержнеукладчик; 4 – устройство для быстрой замены модельных плит; 5 – бункер для песка; 6 – вакуумная установка; 7 – гидравлическая установка; 8 – установка для перемещения поддонов и зажимов; 9 – зона заливки; 10 – линия заливки и охлаждения; 11 – конвейер охлаждения (двухдорожечный)

Таблица 17- Техническая характеристика линии вакуумной формовки Дисматик

Параметр	Норма
Размер форм, мм: длина ширина высота	130/130- 250/250
Производительность при высоте форм 150/150 мм, форм/ч	
Расход песка, м3/ч	
Расход воды для охлаждения при 15 оС, л/мин	
Конвейер форм: минимальная длина линии заливки и охлажде- ния, м	
Пластинчатый конвейер для длительного охлаждения отливок в форме: максимальная длина, м	

Материалы формы.

Наполнитель. Свойства формовочного материала определяют прочность форм и качество поверхности отливки. Главной особенностью формовочных материалов, используемых в вакуумно-пленочной формовке, является отсутствие в них связующего, поэтому огнеупорность формы зависит только от огнеупорности применяемого наполнителя. Прочность формы, полученной при разрезании, в значительной степени зависит от насыпной массы применяемого песка.

В свою очередь насыпная масса зависит от крупности песка, его типа (кварцевые, цирконовые и др.) и формы (угловатый или округлый), а также соотношения крупной и мелкой фракцией.

При использовании мелкого песка обеспечивается гладкая поверхность отливки ($RZ = 18$ мкм), более крупный песок имеет тенденцию к просечке.

Степень разряжения 47 кПа. Пленка *EVA* толщиной 0,075 мкм. Герметизирующие покрытия. В качестве материала для герметизации форм используются синтетическая пленка, фольга, бумага или самоотвердевающие композиты. Чаще всего применяется синтетическая пленка.

На этапе наложения на модель к пленке предъявляются следующие требования: плотное прилегание нагретой пленки к модели; отсутствие разрывов; малая зависимость пластичности пленки от длительности ее нагрева.

На этапе заливки формы требуются: малая термическая усадка пленки при контакте с нагретым жидким металлом (сжимающаяся пленка не должна обнажать слишком большой участок формы, на котором зерна песка удерживаются только за счет вакуумирования); медленное протекание процессов деструкции пленки при минимальной толщине слоя песка, в который проникают продукты деструкции (во избежание образования пригара и попадания в отливку включений песка); незначительное выделение газов в атмосферу цеха; малая стоимость пленки.

Применяются пленки из различных синтетических материалов – полиэтилена низкой плотности (*PE*-пленка ГОСТ 10354-82), полипропилена (*PP*-пленка), полистирола (*PS*-пленка) и этилвинилацетата (*EVA*-пленка).

EVA-пленка имеет наиболее высокие показатели удлинения, пластической деформации, обладает способностью к деформированию и образованию складок, однако требует для деформирования определенных усилий. По совокупности свойств *EVA*-пленка наиболее пригодна для использования при вакуумно-пленочной формовке.

Огнеупорные покрытия. В качестве огнеупорного покрытия используются графит, тальк, каолин, циркон, алюминиевая пудра, в качестве жидкой фазы – растворители и компоненты, которые не вступают в химическую реакцию с пленкой, метанол, изопропанол и этанол. Водные покрытия не используются, так как они на пленке высыхают долго и не смачивают ее. При применении метанола и изопропанола требуются более жесткие правила техники безопасности, чем при работе с этанолом; последний более перспективен, хотя и дороже.

Краски большей частью наносят на пленку, покрывающую модель. В отдельных случаях красят поверхность формы после съема модели. При этом краска и песок разделены пленкой.

Автоматические литейные линии ДИСАМАТИК могут изготавливать отливки с самыми минимальными допусками, которых нельзя достичь при других методах заливки. Последнее утверждение подтверждается двумя факторами:

1. Простота и изобретательность принципа ДИСАМАТИК исключает перестановку форм. Формы все время остаются в одной плоскости что обеспечивает сохранение каждой полости в нетронутом состоянии вплоть до момента выемки отливки из формы .
2. Машины ДИСАМАТИК сконструированы с такой высокой точностью, которой удастся достичь только при механической обработке, и обладают большой стойкостью. Все подвижные детали и узлы точно управляются и имеют высокую степень надежности и изготавливаются из специального износостойкого материала.



Рисунок 40. DISA 131-Z - это пескодувная формовочная машина, изготавливающая запрессованные, вертикально разъемные безопочные песчаные формы.

Основными узлами механизма для производства форм являются:

- Формовочная камера с закрепленными: дном, потолком и боковыми стенками.
- Подвижные модельные плиты.

- Бункер для песка.
- Механизм пескометания и
- гидравлическая система, подающая усилие, необходимое для прессования и транспортировки форм.



Рисунок 41. Линия безопочной формовки литейных форм DISA 131-Z работает по следующему принципу, в соответствии с которым все нижеописанные операции осуществляются непрерывно и одновременно, а сама линия работает в поточном режиме.

Данные по модельным плитам вводятся в систему управления с клавиатуры, расположенной на панели оператора. Основываясь на имеющихся данных, система управления автоматически устанавливает параметры работы механических, электрических, пневматических и гидравлических агрегатов формовочной системы.

Готовая смесь (приготовленная на смесеприготовительном участке) подается к формовочной машине, где методом прессования получается безопочная форма. Рабочий цикл формовочной машины разделен на 6 операций. Контрольные лампы, расположенные на панели управления оператора, показывают операцию, выполняемую машиной в данный момент. Это дает оператору возможность следить за рабочим циклом и облегчает техобслуживание.

Этими операциями являются:

1. Наполнение формовочной камеры (пескометание)
2. Прессование форм
3. Съем передней модели
4. Подход формы и перемещение ряда форм

5. Съём задней модели

6. Закрывание формовочной камеры.

Наполнение формовочной камеры песком

Бункер встреливания расположен над формовочной камерой и соединен с ней через эжекторную канавку. Оптимальные размеры канавки способствуют созданию порога готовой формовочной земли над канавкой. Формовочная земля вдувается в камеру с помощью сжатого воздуха. Футеровка бункера встреливания изготовлена из нержавеющей стали, чтобы формовочная смесь не прилипала к его стенкам.

Главными компонентами механизма пескометания являются воздухоприемник и управляемый пескодувный клапан. Давление воздуха в воздухоприемнике можно регулировать. Воздух подается от установки сжатого воздуха цеха через особое впускное отверстие.

Рабочий цикл формовочной машины ДИСАМАТИК начинается, когда бункер для песка наполнен, а затвор для подачи песка закрыт. Модели находятся в камере на такой глубине, которая была избрана. Затем пескодувный клапан открывается на определенный интервал времени, которым можно управлять, а давление воздуха устанавливается заранее. Это заставляет песок вдуваться через эжекторную канавку из бункера в формовочную камеру, операция 1, что приводит к гомогенному предварительному запрессовыванию формы.

Важно управлять скоростью наполнения камеры песком, поскольку возникающая турбулентность может вызвать чрезмерный износ моделей, а в формах может вызвать возникновение мягких пятен.

Прессование формы

Непосредственно после наполнения формовочной камеры и одновременно с удалением воздуха из бункера начинается прессование формы. Прессовая плита вталкивается в формовочную камеру с помощью гидравлического усилия в то время, как плита противодействия продвигается в направлении к закаленным упорам, расположенным около фронтальной стенки формовочной камеры (также с помощью гидравлического усилия операция 2). Таким образом, форма прессуется с двух сторон непосредственно с помощью задней модели и косвенно с помощью передней модели.

Съём моделей с формы и перемещение форм

Чтобы не повредить хрупкие формы манипулирование с ними сведено до минимума. запатентованный принцип ДИСАМАТИК - это надежная система отталкивания и перемещения форм. После запрессовывания формы передняя модельная плита медленно

отходит назад. Прочная конструкция прессового механизма противодействия обеспечивает полную параллельность моделей при отталкивании, что является первым условием сохранения контура форм.

После отхода передней модели от формы модель быстро отодвигается от фронта камеры и переворачивается в горизонтальное положение, позволяя вытолкнуть форму из камеры (операция 3).

Затем задняя модельная плита выталкивает форму из камеры. Перед смыканием с рядом форм скорость ее значительно падает, что обеспечивает мягкий подход формы к ряду. При достижении заданного давления между формами начинается ускорение всего ряда форм (операция 4). АМС (автоматический конвейер перемещения форм) обеспечивает усилие, необходимое для движения ряда форм вперед. В процессе этого движения давление, поступающее от прессового поршня формовочной машины, остается постоянным, что способствует поддержанию постоянного давления между формами.

Величина давления устанавливается с учетом достижения оптимальной осевой нагрузки на формы, т.е. с учетом минимального усилия сжатия, необходимого для предотвращения образования зазоров между формами вследствие воздействия гидростатического давления. При формовке с горизонтальным разъемом такое усилие обеспечивают с помощью специального груза. Это уравновешенное усилие распределения обеспечивает оптимальное использование модельных плит и полностью исключает деформацию форм.

Когда усилие подхода выбрано с учетом моделей, песка и типа металла, синхронизированные системы электроуправления, формовочной машины и АМС, автоматически регулируют усилие перемещения в зависимости от трения и нагрузки ряда форм. Ряд форм продвигается вперед на расстояние точно равное толщине одной формы. При остановке ряда форм задняя модельная плита медленно отходит и занимает исходное положение в камере (операция 5).

Закрывание формовочной камеры.

Наконец, передняя модельная плита становится вертикально, закрывая вход в камеру.

Рабочий цикл завершается (операция 6).



Песчаные стержни изготавливаются из песка на стержневой машине и подаются к оператору формовочной машины. Стержнеукладчик позволяет ставить песчаные стержни в форму для получения внутренних полостей (поверхностей) отливок. Оператор ставит стержень в стержнеукладчик, с помощью которого стержень выставляется на специальный конвейер АМС, где плотно соединяется с предыдущей формой. Без стержнеукладчика невозможно провести эту операцию и получить например вентилируемый тормозной диск. Конвейер АМС связан с формовочной машиной, управляется ею и является ее продолжением. На этом конвейере происходит разливка металла в приготовленные безопочные формы и остывание отливок до температуры кристаллизации. Далее формы с отливками переходят на конвейер SBC, который также является неотъемлемой частью формовочной машины, управляется и служит ее продолжением. Конвейер SBC движется синхронно с работой формовочной машины.

На конвейере SBC залитые формы с отливками продолжают охлаждаться до температуры выбивки.

Тема: Элементы литниковой системы

Литниковая система – это система каналов и резервуаров для подвода расплавленного металла в полость литейной формы, её заполнения и питания отливки при затвердевании. Литниковая система должна обеспечивать заполнение литейной формы с необходимой скоростью, задержку шлака и других неметаллических включений, выход паров и газов из полости формы, непрерывную подачу металла к твердеющей отливке. После окончания литья избыточный металл, заполняющий литниковую систему, застывает, сохраняя форму её каналов и образуя отход, подлежащий отделению от самой отливки.

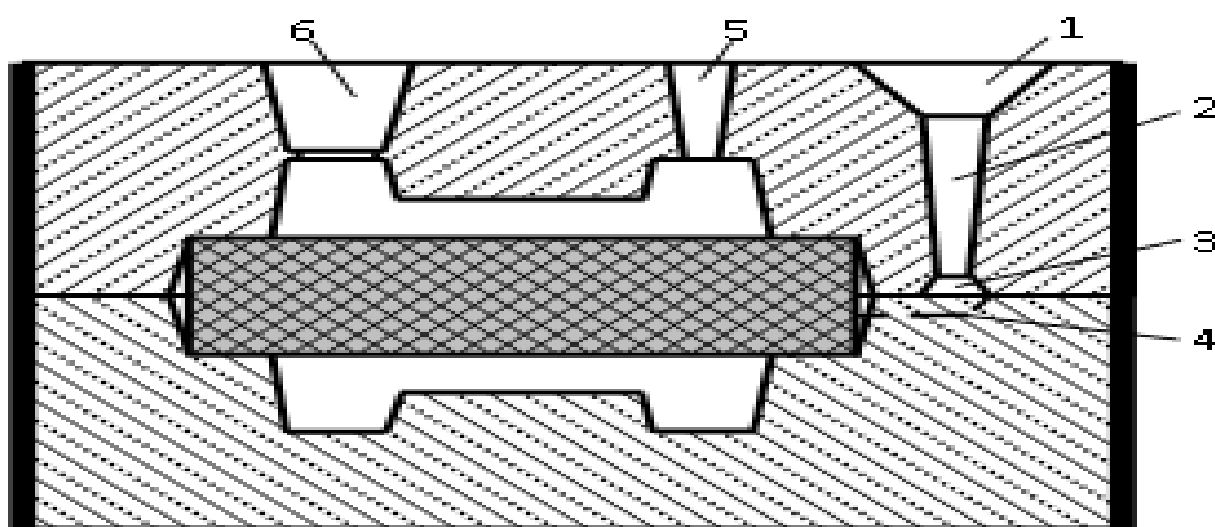


Рисунок 42. Литниковая система

1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатель; 5 – выпор; 6 – прибыль.

Основными элементами литниковой системы являются: 1 – литниковая чаша (воронка), которая предназначена для приёма струи расплава, вытекающей из разливочного ковша, и частичного задержания попадающего вместе с расплавом шлака; 2 – стояк – вертикальный или наклонный канал, передающий расплав из литниковой чаши внутрь литниковой системы; 3 – шлакоуловитель – горизонтальный канал, расположенный, как правило, в верхней полуформе и служащий для задержания шлака и передачи расплава из стояка к питателям; 4 – питатель – канал, подающий расплав непосредственно в полость литейной формы (питатель может быть как один, так и несколько, и они обычно располагаются в нижней полуформе); 5 – выпор – вертикальный канал для вывода газов из полости формы, сигнализации об окончании заливки, питания отливки расплавом при затвердевании; 6 – прибыль – резервуар с расплавленным металлом, обеспечивающий его непрерывный подвод

к массивной части отливки, застывающей последней (при наличии нескольких массивных частей прибылей также может быть несколько).

Выбор места подвода металла к отливке . При выборе места подвода металла к отливке обязательно учитывается принцип затвердевания отливки. Так как отливка по своей конструкции склонна к направленному затвердеванию, то металл лучше подводить в ее массивные части.

Разновидности литниковых систем Литниковые системы, в зависимости от формы, размеров отливки и свойств литейного сплава, имеют различное устройство.

1. По способу подвода расплава в рабочую полость формы литниковые системы делят на: верхнюю, сифонную (нижнюю), ярусную, вертикально-щелевую

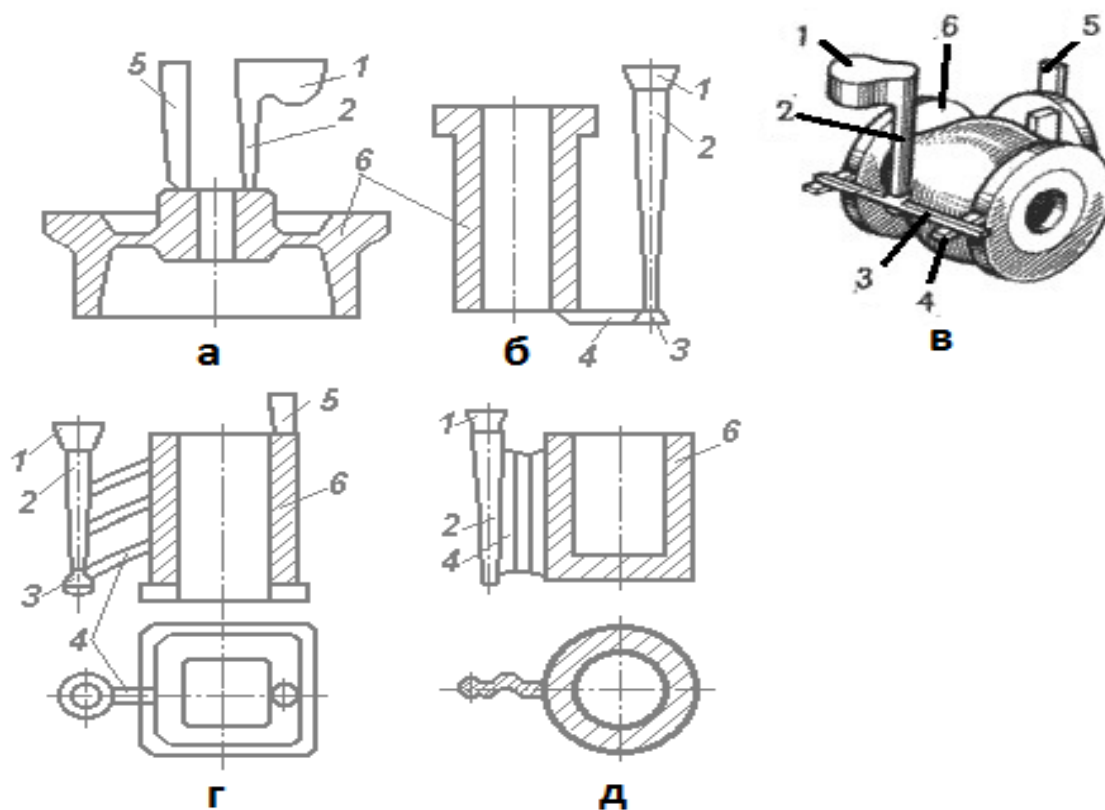


Рисунок 43. Типы литниковых систем

а - верхняя; б – сифонная (нижняя); в – боковая; г - ярусная; д –вертикально- щелевая;

1 – литниковая чаша; 2 - стояк; 3 -шлакоуловитель; 4 - питатель; 5 - выпор; 6 - отливка

Верхняя литниковая система.

Достоинствами системы являются: малый расход металла; конструкция проста и легко выполнима при изготовлении форм; подача расплава сверху обеспечивает благоприятное распределение температуры в залитой форме (температура увеличивается от нижней части к верхней), а следовательно, и благоприятные условия для направленной кристаллизации и питания отливки.

Недостатки: падающая сверху струя может размыть песчаную форму, вызывая засоры; при разбрызгивании расплава возникает опасность его окисления и замешивания воздуха в поток с образованием оксидных включений; затрудняется улавливание шлака.

Верхнюю литниковую систему применяют для невысоких (в положении заливки) отливок, небольшой массы и несложной формы, изготовленных из сплавов, не склонных к сильному окислению в расплавленном состоянии (чугуны, углеродистые конструкционные стали, латуни).

Сифонная (нижняя) литниковая система

Широко используется для литья сплавов, легко окисляющихся и насыщающихся газами (алюминий), обеспечивает спокойный подвод расплава к рабочей полости формы и постепенное заполнение ее поступающим снизу без открытой струи металлом. При этом усложняется конструкция литниковой системы, увеличивается расход металла на нее, создается неблагоприятное распределение температур в залитой форме ввиду сильного разогрева ее нижней части. Возможно образование усадочных дефектов и внутренних напряжений. При такой системе ограничена возможность получения высоких тонкостенных отливок (при литье алюминиевых сплавов форма не заполняется металлом, если отношение высоты отливки к толщине ее стенки превышает 60, $H/\delta \geq 60$).

Боковая литниковая система.

Подвод металла осуществляется в среднюю часть отливки (по разъему формы).

Такую систему применяют при получении отливок из различных сплавов, малых и средних по массе деталей, плоскость симметрии которых совпадает с плоскостью разъема формы. Является промежуточной между верхней и нижней, и следовательно сочетает в себе некоторые их достоинства и недостатки.

Ярусная литниковая система .

При ярусной литниковой системе подача расплава осуществляется на нескольких уровнях. Питатели действуют последовательно, начиная с нижних, по мере подъема уровня металла в полости формы. Эти системы, обеспечивающие спокойное заполнение и горячий металл в головной части потока, широко применяют при изготовлении крупных и тонкостенных отливок из черных и цветных сплавов.

Вертикально-щелевая литниковая система

Разновидность ярусной. Предназначена, главным образом, для цветных металлов и сплавов.

По гидродинамическому признаку литниковые системы подразделяются на сужающиеся и расширяющиеся.

Принцип работы шлакоуловителя основан на том, что шлак имеет значительно меньшую плотность, чем расплавленный металл, в связи с чем, попав из стояка 1 в шлакоуловитель 2, он всплывает наверх и остаётся в верхней части шлакоуловителя, не имеющего соединения с полостью литейной формы, а в расположенные ниже питатели 3, выходящие непосредственно в полость формы, поступает лишь более тяжёлый расплавленный металл.

Сужающаяся литниковая система используется при изготовлении чугунных отливок и имеет последовательное уменьшение площадей S поперечных сечений стояка 1, шлакоуловителя 2 и питателей 3, т.е. $S_c > S_{ш} > S_{п}$. Такая литниковая система обеспечивает быстрое заполнение расплавом всех каналов и лучшее улавливание шлака. Однако в полость литейной формы расплав поступает с высокой скоростью, что может приводить к разбрызгиванию и окислению расплава, захвату воздуха и размыву формы.

Расширяющаяся литниковая система используется при изготовлении стальных отливок, а также отливок из алюминиевых, магниевых, медных и других легкоокисляющихся сплавов, и характеризуется последовательным увеличением площадей поперечных сечений стояка 1, шлакоуловителя 2 и питателей 3, т.е. $S_c < S_{ш} < S_{п}$. В такой литниковой системе скорость потока расплавленного металла снижается от стояка к питателям, в результате чего металл поступает в полость литейной формы спокойно, с меньшими разбрызгиванием, окислением и размывом стенок формы.

Тема: Способы подвода расплава в форму и конструкции литниковой системы

Литниковая система — это система каналов, предназначенных для заполнения формы расплавом. От конструкции литниковой системы в значительной мере зависит качество отливок. Около 30% брака в литейных цехах получается именно вследствие применения неправильной литниковой системы.

Конструкция литниковой системы должна обеспечивать плавный, безударный подвод расплава в полость формы, а также задержание различных неметаллических включений (шлака, пузырьков воздуха и газов и т. д.), находящихся в расплаве.

Качество отливки зависит также от места подвода расплава в форму. В месте подвода литниковой системы форма сильно разогревается, так как весь (и самый горячий) расплав проходит через это место. В результате участки отливки, к которым подводится расплав, охлаждаются медленнее и в них, как правило, наблюдается рыхлота усадочного происхождения.

Если сплав имеет небольшую усадку (например, серый чугун), то подводить металл следует в тонкие сечения, желательно менее ответственные, не подвергающиеся в дальнейшем обработке резанием. В этом случае скорость охлаждения в массивных и тонких сечениях выравнивается, поэтому снижаются усадочные явления, и в первую очередь внутренние напряжения в отливках.

Если сплав имеет повышенную усадку, (например, сталь), то подвод расплава в сечение малой толщины в большинстве случаев не дает положительных результатов. Поэтому при получении стальных отливок часто подводят расплав в массивное сечение под прибыль, чтобы разогреть форму около прибыли. Медленное охлаждение прибыли является необходимым условием питания отливки. Иногда при изготовлении стальных отливок целесообразно заливать расплав непосредственно в прибыль. Например, при получении различных маховиков, шкивов обычно расплав заливают через прибыль, расположенную над ступицей.

В отливки больших размеров, имеющих тонкие сечения, расплав, необходимо подводить рассредоточение— через большое число питателей, расположенных со всех сторон отливки. Особенно это важно для сплавов, имеющих плохую жидкотекучесть (например, для стали). Таким образом, при выборе места подвода расплава и конструкции литниковой системы необходимо учитывать сплав, размеры отливки, толщину ее стенок и конструктивные особенности.

Важное значение имеет скорость поступления расплава в форму. При быстром заполнении расплав оказывает большое динамическое воздействие на стенки формы, в результате чего в отдельных местах форма может быть размыта, а отливка загрязнена песчаными

включениями. Кроме того, при быстром движении струя металла захватывает воздух, находящийся в форме, и газы, выделяющиеся из формы под действием высокой температуры. Пузырьки газов запутываются в расплаве и остаются в отливках в виде газовых раковин.

При медленной заливке расплав поступает в форму спокойно, постепенно вытесняя воздух. Отливки получаются чистые, без засоров и газовых раковин. Расход металла на литниковую систему уменьшается. Однако формы, имеющие значительное внутреннее сопротивление (тонкие стенки, большие размеры отливок), в случае медленной заливки могут не заполниться, так как расплав в тонких сечениях быстро остывает и жидкотекучесть его уменьшается.

На практике скорость заливки расплава формы устанавливают в зависимости от размеров, отливки и толщины ее стенок (т. е. внутреннего сопротивления). Простые отливки со стенками большой толщины следует заливать медленно. Чем больше внутреннее сопротивление формы, тем больше должна быть скорость заливки. Для чугунных отливок с разной толщиной стенок рекомендуется принимать следующую скорость подъема уровня расплава в форме:

Толщина стенки, мм.....	... 7—10	10—40	Св. 40
Скорость подъема уровня расплава, мм/с	20—40	10—20	8—12

Высокие отливки заливают несколько быстрее, чем отливки такой же массы и с такой же толщиной стенок, но более низкие, плоские.

Во всех случаях расплав должен поступать в форму спокойно, без завихрений. Это необходимое условие для получения отливок хорошего качества, без загрязнений и газовых пузырей.

Основные элементы литниковой системы.

Литниковая чаша предназначена для приема расплава и задержания шлака. Перед заливкой крупных и средних форм отверстие в чаше рекомендуется закрывать пробкой или тонкой металлической пластинкой, чтобы в начале заливки чаша наполнялась расплавом. При этом более легкие шлак и газы успевают всплыть. Затем пробку вынимают (а пластинка расплавляется), и в форму начинает поступать чистый - металл. В течение всего времени заливки чаша должна быть наполнена расплавом. Нельзя прерывать заливку и упускать металл из чаши в форму, так как при этом в форму попадут различные неметаллические включения, всплывшие на поверхность расплава.

Объем чаши зависит от объема отливки. Чаша может быть рассчитана на один — четыре стояка. Большие чаши делают с перегородкой, предназначенной также для задержания шлака.

Стояк — вертикальный канал, соединяющий литниковую чашу или воронку со шлакоуловителем. Стояк чаще всего делают круглым, но в некоторых случаях, для того чтобы уменьшить скорость движения расплава на выходе из стояка в шлакоуловитель, его делают прямоугольного сечения. Иногда вместо одного делают несколько таких стояков. Стояки с прямоугольным поперечным сечением применяют для магниевых и алюминиевых отливок.

Чтобы уменьшить скорость движения расплава, стояку придают зигзагообразную форму. Шлакоуловитель — горизонтальный канал, соединяющий стояк с питателем. Расположен он обычно в верхней полуформе, имеет трапецеидальное сечение, причем высота трапеции должна быть больше нижнего основания, чтобы создать лучшие условия для задержания шлака. Наиболее благоприятные условия для задержания шлака получаются в центробежных шлакоуловителях. Расплав, поступая по касательной в бобышку шлакоуловителя, получает вращательное движение. Все легкие неметаллические включения (шлак, оксидные пленки) оттесняются к центру, а чистый металл поступает в следующий канал.

Для магниевых сплавов широко применяют «глухие» шлакоотстойники, которые располагают «а шлакоуловителе над питателями. Подобные шлакоотстойники используют и при заливке других сплавов, например серого чугуна.

Питатели подводят расплав непосредственно в полость формы. Сечение питателей может быть различным (прямоугольным, круглым, трапецеидальным), но площадь сечения должна быть меньше толщины стенки, к которой подводятся питатели.

Выпоры предназначены для вывода воздуха и газов из полости формы при заливке, уменьшения динамического давления расплава на форму, сигнализации о конце заливки. Выпоры выполняют также роль элементов, питающих отливку расплавом в процессе ее затвердевания.

Прибыли и питающие выпоры применяют для отливок из сплавов, имеющих повышенную усадку, неравномерную толщину стенок, массивные узлы. Прибыли питают утолщенные места отливки, затвердевающие последними, поэтому располагают прибыли так, чтобы расплав мог поступать из них в питаемый узел отливки. Прибыли делают более массивными, чем питаемые узлы, но следует помнить, что применение прибылей невыгодно, так как увеличиваются расход расплава и себестоимость литья.

Основные типы литниковых систем.

Существует три основных способа построения литниковой системы.

- Непосредственное питание объектов литья.
- Бесколлекторное питание объектов литья.
- Коллекторное питание объектов литья.

Непосредственное питание объектов литья.

Непосредственным питанием называют такое строение литниковой системы, при котором каждая отливаемая деталь прикрепляется литниковым каналом непосредственно к заливочной воронке.

Этот тип литейной системы применяют при литье отдельных объектов — одиночных коронок, промежуточных элементов. При этом диаметр литниковых каналов определяется в зависимости от исходной толщины стенок отливаемой детали и должен не менее чем в 2 раза её превышать. Однако, в любом случае, при работе на вакуумной литейной установке (плавка и литьё в вакууме с последующим прессованием) диаметр литникового канала должен быть не менее 3,5мм и идти к отливке без изменения диаметра.

Если в собранной форме размещается несколько объектов с отдельным питанием, следует обеспечить одинаковый тепловой режим для каждой отливаемой детали. Все объекты литья должны быть расположены на расстоянии 5 мм от дна опоки и 5 мм от наружной стенки формы. Расстояние между объектами литья должно быть около 10 мм. Литниковые каналы необходимо формировать таким образом, чтобы они расходились к объектам литья в тепловом центре опоки.

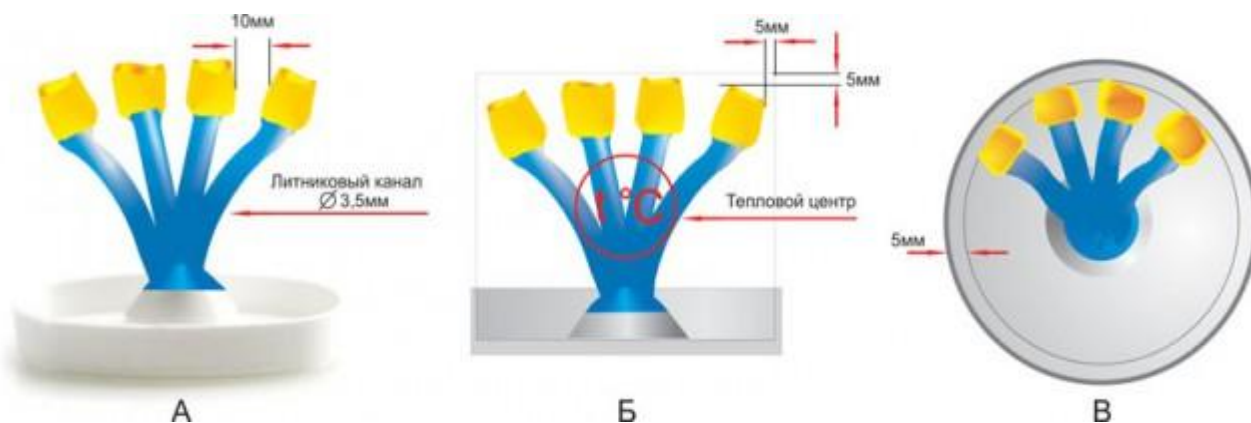


Рисунок 44. Непосредственное питание объектов литья.

Бесколлекторное питание объектов литья.

Бесколлекторное питание объектов литья представляет собой разновидность непосредственного питания. Отличие заключается в том, что при бесколлекторном питании литниковые каналы подводятся не к каждому объекту литья. Например, при количестве отливаемых единиц равном 3, используется один литниковый канал. При литье протяженных конструкций число литниковых каналов должно быть увеличено до 2...3. При этом необходимо, чтобы литниковый канал присоединялся к объекту литья, требующему максимального объёма расплава. Так, для мостовидного протеза целесообразно выполнять подвод литникового канала к промежуточным элементам. При бесколлекторном питании объектов литья значительно экономится количество используемого сплава, что существенным (положительным) образом сказывается на экономической составляющей вопроса.

Взаимное расположение элементов литниковой системы в данном случае подчиняется общему правилу: объекты литья должны охлаждаться в первую очередь, а питающие элементы — литниковые каналы и прибыли — в последнюю очередь. На рисунке показано, что объекты литья должны располагаться на расстоянии не более чем 5мм от боковой стенки опоки и её дна.

Применяя данный метод построения литниковой системы, необходимо особенно тщательно выбирать параметры литниковых каналов — их диаметр и длину.

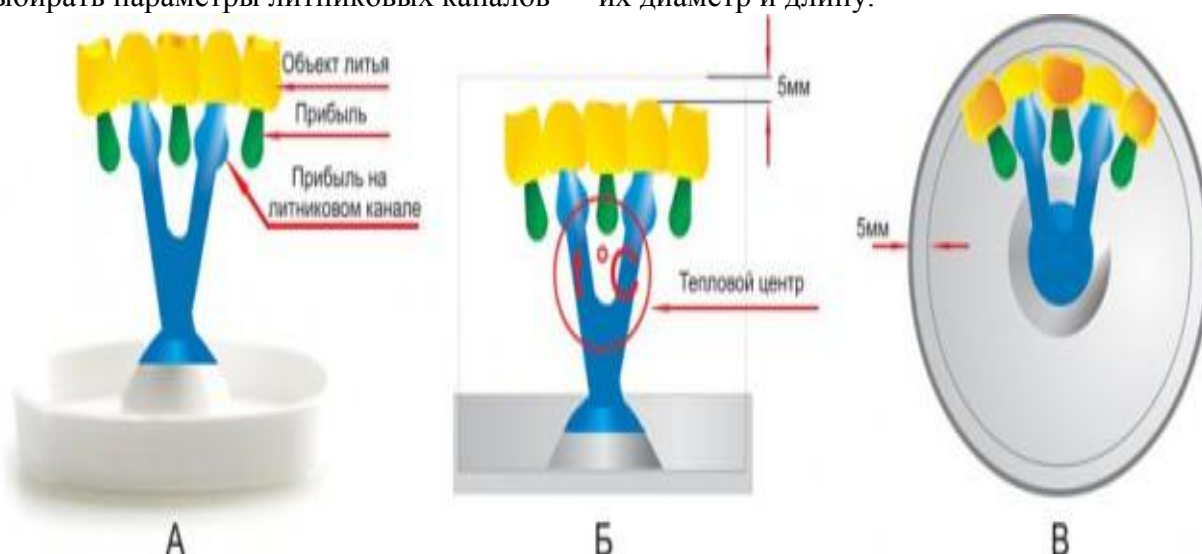


Рисунок 45. Бесколлекторное питание объектов литья.

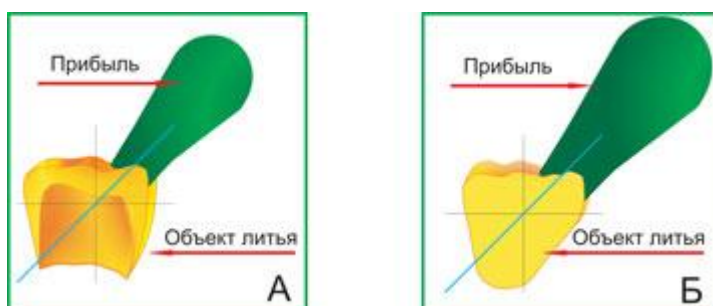
Основными факторами, определяющими диаметр литниковых каналов являются свойства сплава (его жидкотекучесть и плотность) и характеристиками объекта литья — толщина стенки коронки, объём каркаса протеза в целом и объём промежуточного элемента (в случае мостовидного протеза).

На начальном этапе можно придерживаться следующих рекомендаций:

- При литье одиночных коронок и небольших конструкций прибуль на литниковом канале не формируется. Диаметр литникового канала при это должен определяться максимальной толщиной коронки. Но, в любом случае, он не может быть менее 3мм. Для сплавов с высокой плотностью (сплавы на основе золота, платины с плотностью около 18г/см³) необходимо использовать литниковые каналы диаметром 3,5мм. Для сплавов с низкой плотностью (неблагородные кобальто-хромовые, никель-хромовые, на основе серебра, палладия) диаметр литникового канала можно увеличить до 4мм.
- При литье протяжённых, массивных конструкций (например, каркас цельнолитого мостовидного протеза) на литниковом канале формируется дополнительная прибуль. При выборе диаметра литникового канала учитывайте количество расплава, которое должно поступить в литейную полость объекта литья. Также, как и в предыдущем примере, принимайте во внимание плотность используемого сплава. Для сплавов с высокой плотностью выбирайте диаметр литникового канала равным 4,5мм. Дальнейшее увеличение диаметра возможно, в случае особо крупной конструкции, но не более 5мм. Для сплавов с низкой плотностью можно выбрать диаметр равным 5мм.

В случае присоединения литникового канала к промежуточному элементу мостовидного протеза, сформированная на канале прибуль по объему должна быть не меньше промежуточного элемента. Необходимо помнить, что чрезмерное увеличение диаметра литникового канала приводит к ухудшению условий литья, т.к. в этом случае поток расплава трудно сформировать в виде плотной, равномерно движущейся струи.

Прибули, сформированные на объектах литья, предназначены для обеспечения подпитки объекта литья в процессе его кристаллизации жидким расплавом. Кроме того, прибуль выступает в данном случае как резервуар, в который будут эвакуированы остатки воздуха из литейной полости объекта литья. Для выполнения своей функции прибуль должна быть спроектирована и расположена таким образом, чтобы она в обязательном порядке охлаждалась существенно медленнее чем объект литья.



Размер прибыли зависит от характеристик объекта литья. На рисунке А прибыль присоединена к коронке. На рисунке Б прибыль присоединена к промежуточному элементу мостовидного протеза. Так как для заполнения промежуточного элемента требуется больше расплава, прибыль на рисунке Б выполнена большего размера. В случае, если объект литья имеет особо крупные размеры, к нему может быть присоединено две прибыли.

Особое внимание необходимо уделять следующим моментам:

- прибыль должна быть прикреплена к объекту литья в самой толстой его части;
- объём прибыли должен соответствовать объёму расплава, необходимого для заполнения объекта литья.
- прибыль должна быть прикреплена к объекту литья под углом примерно равным 45 градусам и направлена от боковой стенки опоки в сторону её теплового центра.

Коллекторное питание объектов литья.

Коллекторным питанием называют такое строение литниковой системы, при котором каждая отливаемая деталь прикрепляется к литевому резервуару (коллектору), в который по литниковым каналам из воронки поступает расплав.

Этот тип литейной системы применяют при литье отдельных объектов — одиночных коронок, промежуточных элементов, вкладок, а также при литье протяжённых, массивных конструкций (например, каркас мостовидного протеза).

Диаметр литниковых каналов при коллекторном литье на вакуумных установках должен быть не менее 4,5 мм. Мы рекомендуем использовать для формирования литниковых каналов и коллектора при таком методе литья стержни литейного воска диаметром 5 мм. Длина литниковых каналов должна быть выбрана такой, чтобы обеспечить расположение коллектора максимально близко к тепловому центру опоки.

Как и при литье с непосредственным питанием, следует обеспечить тепловой режим для каждой отливаемой детали, обеспечивающий подпитку объектов литья жидким расплавом на стадии их кристаллизации. Для этого все объекты литья должны быть расположены на расстоянии не более 5 мм от дна опоки и от наружной стенки формы.

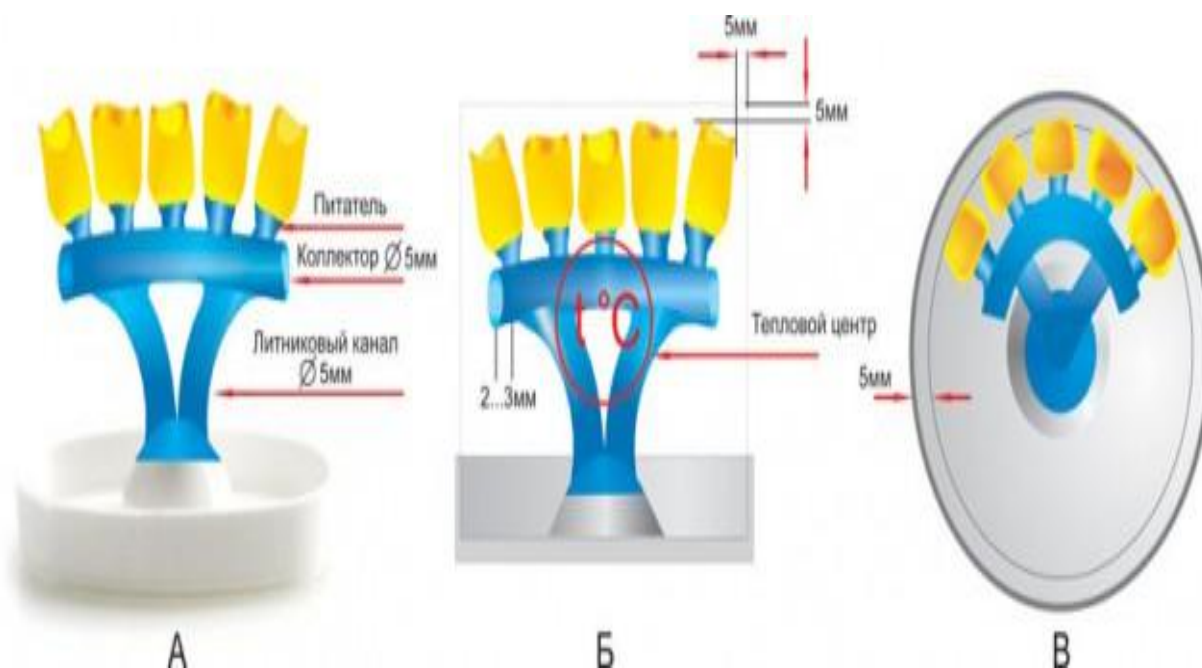


Рисунок 46. Коллекторное питание для литья отдельных объектов.

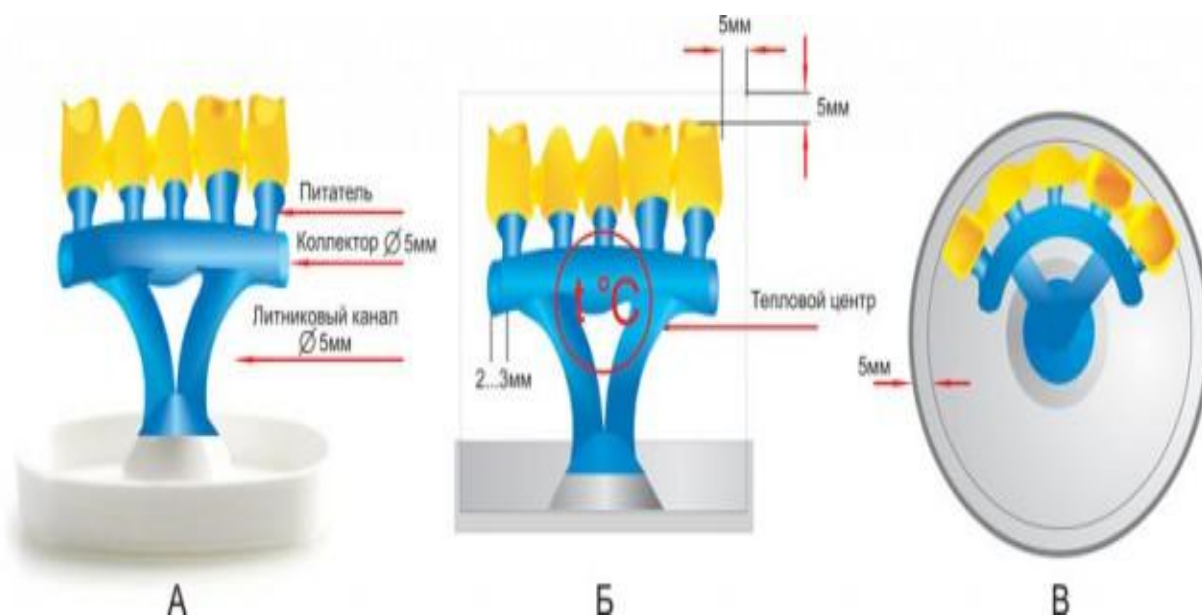


Рисунок 47. Коллекторное питание для литья каркаса мостовидного протеза.

Варианты расположения литниковой системы в опоке.

Форма и размеры опоки выбираются исходя из характеристик восковой композиции. Обязательным условием является выполнение условий правильного размещения элементов литниковой системы в опоке. Объекты литья должны охлаждаться первыми для исключения возникновения в них пор и усадочных раковин. Коллектор и литниковые каналы, идущие от воронки опоки, должны быть расположены максимально близко к

термическому центру и охлаждаться в последнюю очередь. При этом процесс кристаллизации сплава в полости объекта литья сопровождается подпиткой этой полости жидким расплавом из коллектора или литникового канала.

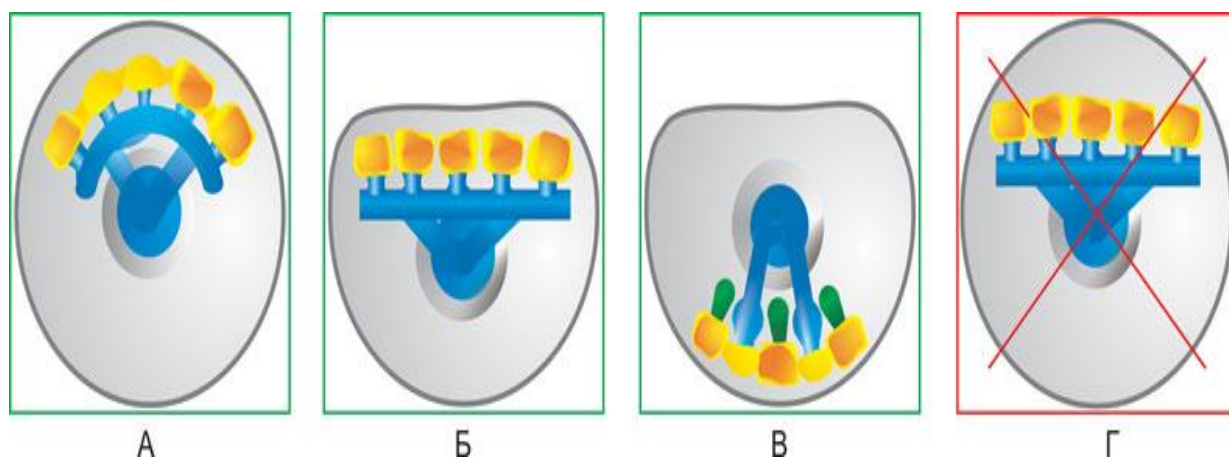


Рисунок 48. Процесс кристаллизации сплава: А - Цилиндрическая форма опоки; Б - Усечённая форма опоки; В - Усечённая форма опоки; Г - Цилиндрическая форма опоки

А - Цилиндрическая форма опоки. Условия для получения качественного литья обеспечиваются равными температурными условиями для каждого объекта литья и их равномерной кристаллизацией. Коллектор, выполненный в форме дуги, приближён к термическому центру опоки. Отливки объектов литья имеют плотную, однородную структуру без пор. Неконтролируемая усадка минимизирована.

Б - Усечённая форма опоки. Условия для получения качественного литья выполнены. Расположение объектов литья вдоль прямолинейного участка боковой стенки опоки обеспечивает их первоочередное охлаждение и подпитку расплавом в процессе кристаллизации. Отливки объектов литья имеют плотную, однородную структуру без пор.

В - Усечённая форма опоки. Условия для получения качественного литья выполнены. Объекты литья расположены на минимальном и одинаковом расстоянии от боковой радиальной стенки опоки. Их температурный режим одинаков. Условия подпитки объектов литья расплавом в процессе кристаллизации выполнены. Отливки объектов литья имеют плотную, однородную структуру без пор.

Г - Цилиндрическая форма опоки. Условия для получения качественного литья не выполнены. Объекты литья находятся в разных температурных условиях. При этом объекты литья, расположенные ближе к центру опоки будут плохо охлаждаться. Процесс их кристаллизации может по времени совпадать с кристаллизацией расплава в коллекторе.

Отливки этих объектов подвержены риску возникновения неоднородной, пористой структуры.

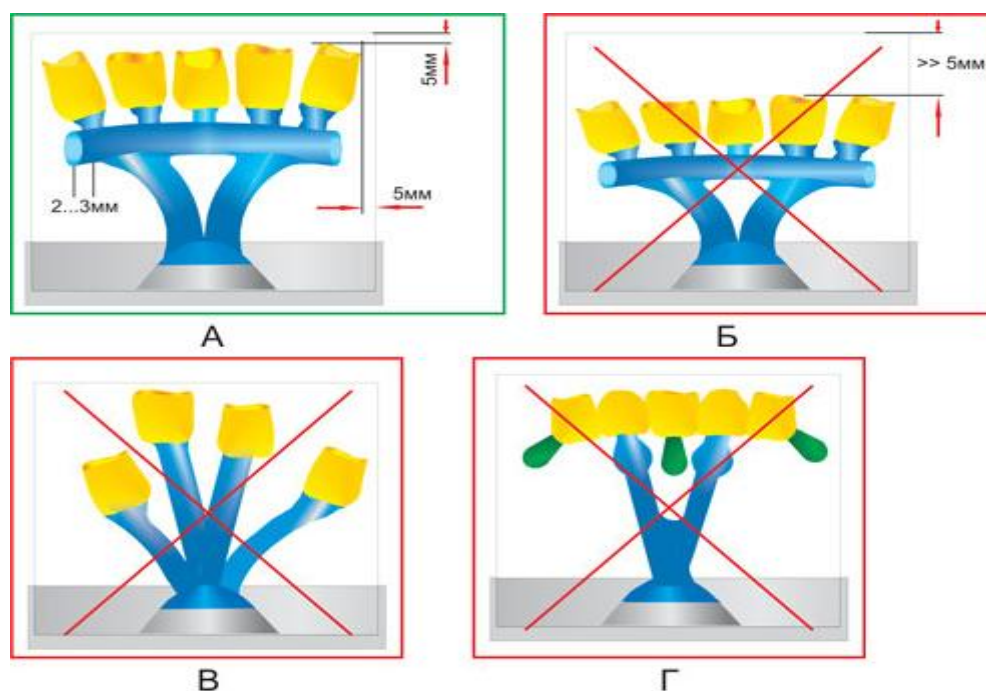


Рисунок 49. Качество литья: А - Условия для получения качественного литья выполнены; Б - Условия для получения качественного литья не выполнены; В - Условия для получения качественного литья не выполнены; Г - Условия для получения качественного литья не выполнены.

А - Условия для получения качественного литья выполнены. Объекты литья расположены на расстоянии 5мм от боковой стенки опоки и на расстоянии 5мм от дна опоки. Процесс кристаллизации расплава в полости объектов литья будет проходить во время нахождения расплава коллектора в жидкой фазе. Коллектор в полной мере будет выполнять роль резервуара, питающего отливку. Отливки объектов литья имеют плотную, однородную структуру без пор.

Б - Условия для получения качественного литья не выполнены. Объекты литья расположены на расстоянии значительно превышающем 5мм от дна опоки и приближены к термическому центру опоки. Процесс кристаллизации расплава в полости объектов литья будет совпадать по времени с процессом кристаллизации расплава коллектора. Коллектор в этом случае не будет в полной мере выполнять роль резервуара, питающего отливку. Отливки объектов литья имеют рыхлую, неоднородную структуру с внутренними или поверхностными порами.

В - Условия для получения качественного литья не выполнены. Объекты литья расположены на разном расстоянии от дна опоки. Те из них, которые расположены ближе к термическому

центру подвержены риску некачественной отливки.

Г - Условия для получения качественного литья не выполнены. Неправильная установка прибылей приведёт к их преждевременному охлаждению и, соответственно, нарушению условий газообмена и питания отливки в процессе её кристаллизации.



Рисунок 50. Особенности выполнения отдельных элементов литниковой системы

Для обеспечения эффективного газообмена и питания объекта литья расплавом присоединяйте питатели к объекту литья под углом 45° относительно коллектора по направлению к боковой поверхности опоки и её дна.

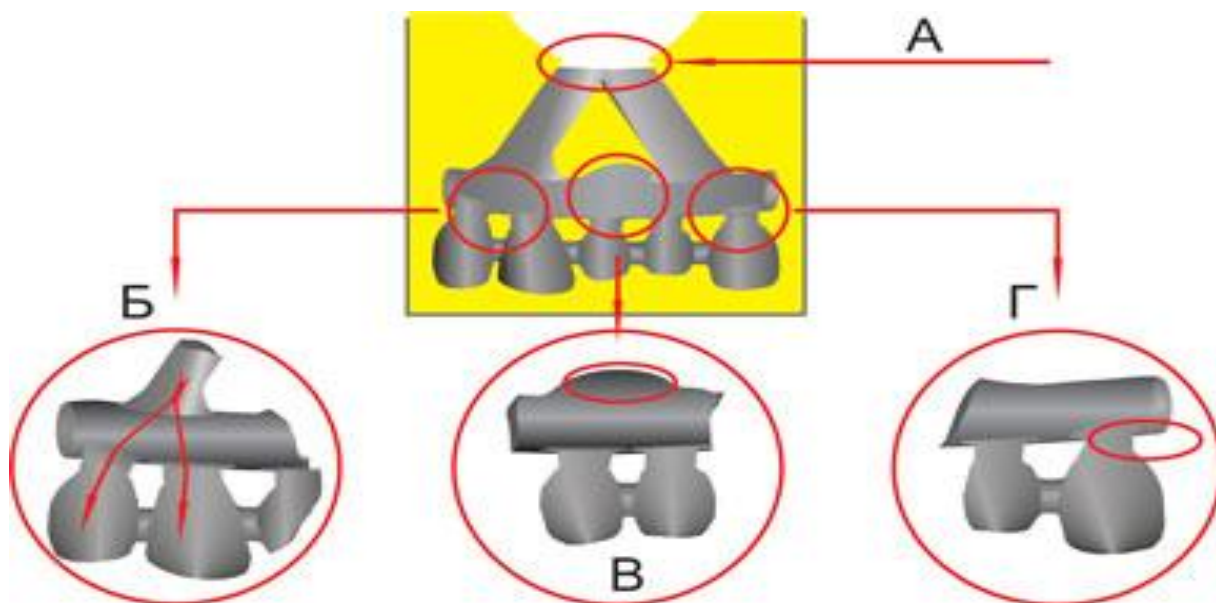


Рисунок 51. Расположение литниковой системы

При работе на вакуумной литейной установке, работающей по принципу плавки и литья в вакууме с последующим прессованием избыточным давлением, не допускайте образования литейного конуса (А). Расплав должен доходить только до нижнего края воронки. При значительном заполнении конуса расплавом будет нарушен нормальный режим газообмена между литейной полостью и внешней средой. В результате, тонкие участки восковой композиции могут быть прилиты не полностью. Литниковые каналы (Б) присоединяйте к коллектору таким образом, чтобы поток расплава был направлен в объекты литья без резких поворотов и изгибов.

При литье каркасов мостовидных протезов в местах крепления промежуточных элементов (В) увеличивайте объём коллектора на величину равную объёму присоединённых промежуточных элементов.

Коллектор следует выполнять на 2...3мм длиннее каркаса протеза или места присоединения крайнего объекта литья (Г).

Литниковые системы

При изготовлении чугунных отливок для станкостроения применяют тормозящие литниковые системы. Торможение достигается или постепенным сужением литниковых каналов, или введением специальных элементов (дросселей, пережимов и др.). В отдельных случаях используют различные элементы (например, бобышки) для питания отливки в период ее кристаллизации с целью предотвращения усадочных дефектов. Для особо ответственных деталей применяют специальные элементы, повышающие эффективность действия литниковых систем. Обычные литниковые системы, состоящие из литниковой чаши, стояка, шлакоуловителя и питателей, применяют для заливки станочных отливок широкой номенклатуры. Питатель имеет минимальную площадь поперечного сечения, что обеспечивает всплывание шлака в элементах большего сечения — шлакоуловителе и литниковой чаше, где скорость движения металла меньше. От массы и особенностей отливки зависит конструкция литниковой системы. Например, при производстве мелких отливок питатели обычно располагают по разъему формы, однако чем сложнее и крупнее отливка, тем большее значение приобретает плавный, безударный подвод металла, и его осуществляют в нижнюю часть формы независимо от положения плоскости разъема. Например, для отливки переднего корпуса используют литниковую систему с подводом металла по разъему формы. Для отливки корпуса коробки подач станка мод. 1К62 литниковую систему также выполняют по разъему формы, но металл подводят в нижнюю часть отливки, так как вся отливка располагается в верхней полуформе. При получении отливки корпуса передней стойки расточного станка металл подводят в нижнюю часть отливки с помощью дополнительных вертикальных каналов-опусков, выполненных в специальных стержнях. Для крупных и тяжелых отливок применяют в основном литниковую систему с ярусным расположением питателей по высоте отливки. а литниковая система для крупной отливки. При ограниченности места в форме лимитирующее сечение 4 можно расположить между стояком и шлакоуловителем, выдержав его длину не менее 100 мм. Моделирование применяемых ярусных литниковых систем показало, что системы имеют недостатки: все питатели работают одновременно, в верхнем сечении стояка образуется вакуум около 150 мм вод. с т.; иногда в стояк из чаши засасывается воздух; легкие частицы, попадающие из чаши в стояк, не задерживаются ни в шлакоуловителе, ни в шлакоулавливающих бобышках и попадают в форму. Для устранения этих недостатков предложены конструкции ярусных литниковых систем,

обеспечивающие последовательную работу нижних и верхних питателей. Некоторые из этих конструкций литниковых систем приведены на рис. 130, в, г и д. Литниковая система с дополнительными элементами торможения. Для ответственных деталей типа контрольно-разметочных плит, кареток, контрольных линейек и других, имеющих большие полости несложной конфигурации и поверхности, от которых требуется высокая чистота механической обработки, следует применять литниковые системы, имеющие центробежные бобышки, сетки, дроссели, уменьшающие скорость течения металла и улучшающие условия удаления шлака и неметаллических включений. Наиболее распространены литниковые системы с центробежными шлакоулавливающими бобышками. Подобная литниковая система приведена на рис. 131 для отливки каретки токарно-винторезного станка мод. 1К.62. Металл по литниковому каналу 2 попадает в бобышку 1, где он теряет скорость и приобретает вращательное движение. Шлак и неметаллические включения успевают всплыть в верхнюю часть бобышки, а чистый металл по каналу 4, расположенному под бобышкой, огибает стержень 3 и поднимается в шлакоуловитель 5.

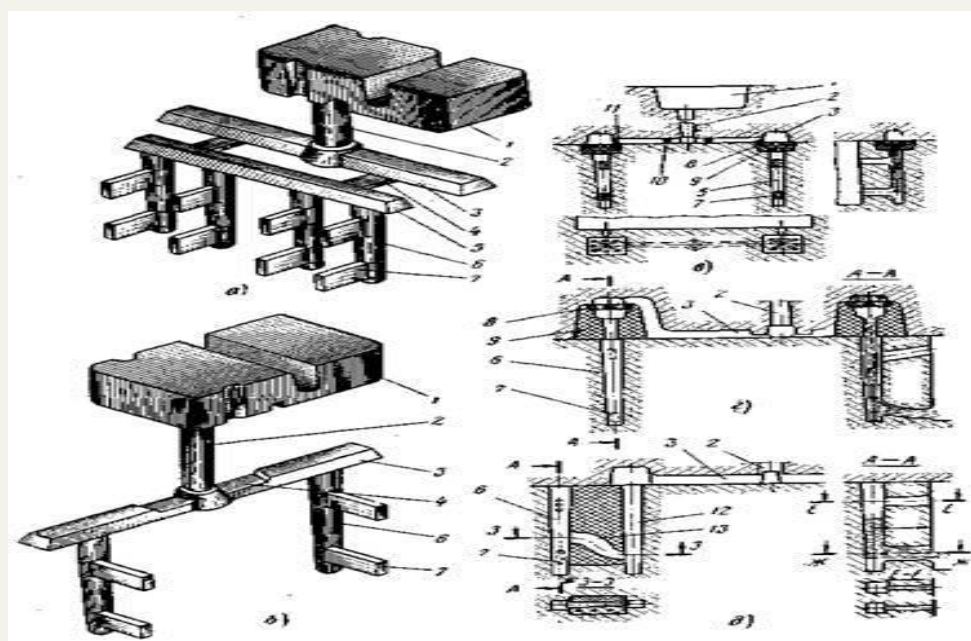


Рисунок 52. Ярусные литниковые системы:

а — со шлакоуловителем и коллектором; б — с лимитирующим сечением между стояком и шлакоуловителем; в — со свободным уровнем в стояке, образованном свободно падающей струей металла; г — со свободным уровнем в стояке, образованном нисходящим потоком; д — со свободным уровнем в стояке, образованном восходящим

потоком: 1 — литниковая чаша; 2 — стояк; 3 — шлакоуловитель; 4 — лимитирующее сечение; 5 — коллектор; 6 — распределительный стояк; 7 — питатели; 8 — сетка; 9 — стояк-насадка с металлоприемником ; 10 — дроссель в шлакоуловителе; 11 — порог; 12 — сифонный стояк; 13 — дроссель

Питающие литниковые системы

Для получения герметичных отливок и обеспечения высокой чистоты обрабатываемых поверхностей необходимо применять метод направленного затвердевания. Подпитка металлом массивных и ответственных узлов отливок, затвердевающих последними, осуществляется из обычных прибылей, бобышек. Кроме того, используют шлакоуловители и питатели увеличенного сечения.

Наиболее эффективным способом устранения усадочных дефектов в отливках является установка прибылей сверху на питаемом узле отливки.

Но при изготовлении чугунных станочных отливок усложняется отделение прибылей (только отрезкой на металлорежущих станках) и снижаются экономические показатели производства (выход годного, стоимость). Однако в ряде случаев при использовании низкоуглеродистых чугунов, склонных "к усадке, применять прибыли необходимо. На рисунке показан пример получения отливки ротора гидронасоса НРМ125 массой 67 кг с использованием верхней прибыли. Вся отливка находится в нижней полуформе, и металл в прибыль поступает через дождевую литниковую систему, в результате прибыль имеет наиболее горячий металл до окончания заливки. Это обеспечивает необходимую герметичность отливок при испытании под давлением 220 кгс/см^2 . С верхними прибылями получают все отливки корпусов гидронасосов высокого давления (типа НРМ125 и др.).

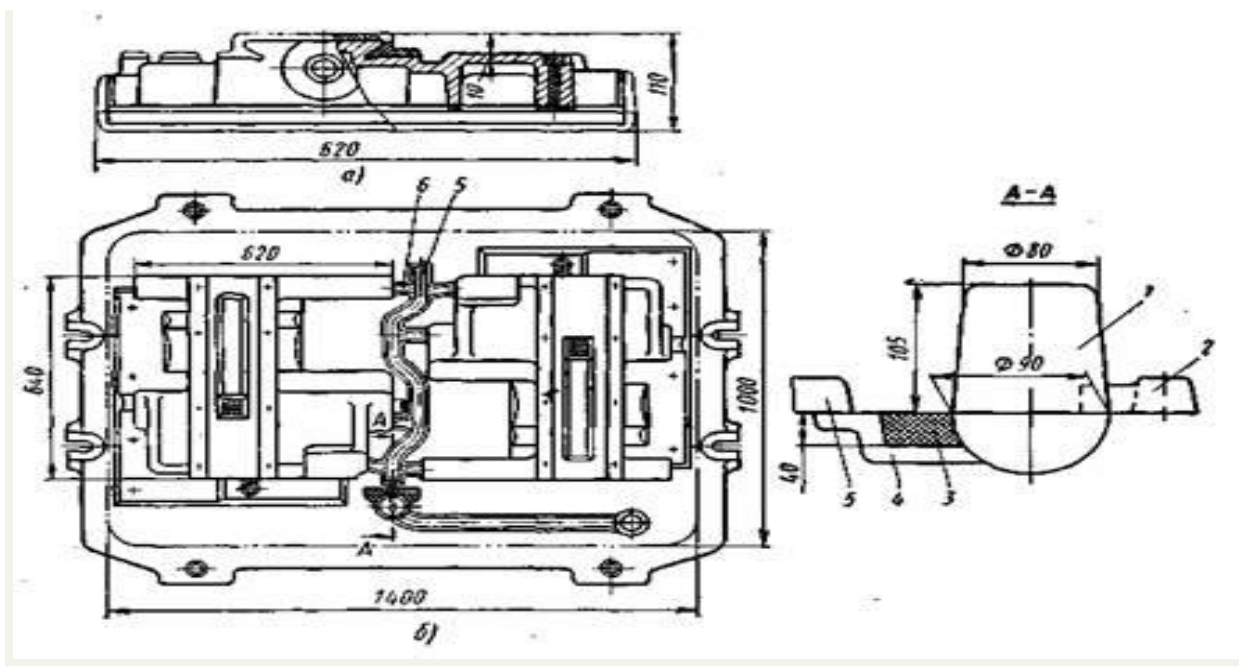


Рисунок 53. Литниковая система со шлакоулавливающей бобышкой:

а — отливка каретки токарно-винторезного станка мод. 1К62; б — эскиз с литниковой системой: 1 — шлакоулавливающая бобышка; 2 и 4 — литниковые каналы; 3 — стержень; 5 — шлакоуловитель; 6 — питатели

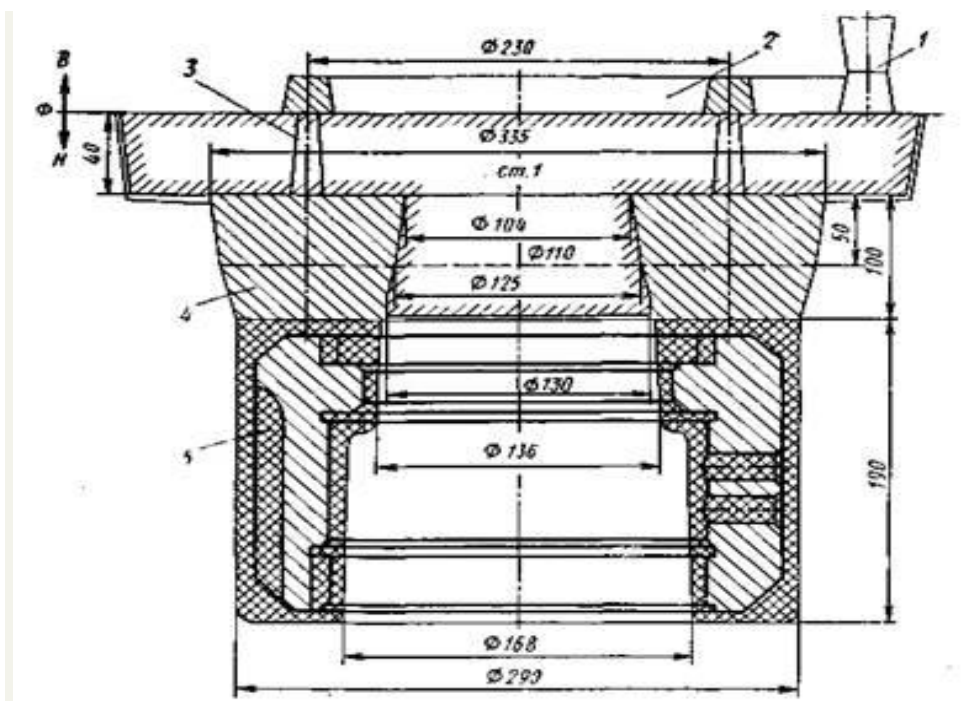


Рисунок 54. Питание отливки прибылями (отливка ротора гидронасоса):

1 — стояк; 2 — шлакоуловитель; 3 — дождевые питатели; 4 — прибыль; 5 — отливка

Также эффективным способом, устранения усадочных дефектов в чугунных отливках является применение питающих бобышек, особенно в сложных отливках с несколькими массивными узлами, требующими одновременного питания. Питающие бобышки устанавливают сбоку у питаемого узла, что облегчает их расположение в форме, применения бобышки для питания передней втулки подшипника массой 77 кг. Плотность кольцевого утолщения размером 50 мм обеспечивается питающей бобышкой, расположенной по разъему формы у массивного сечения.

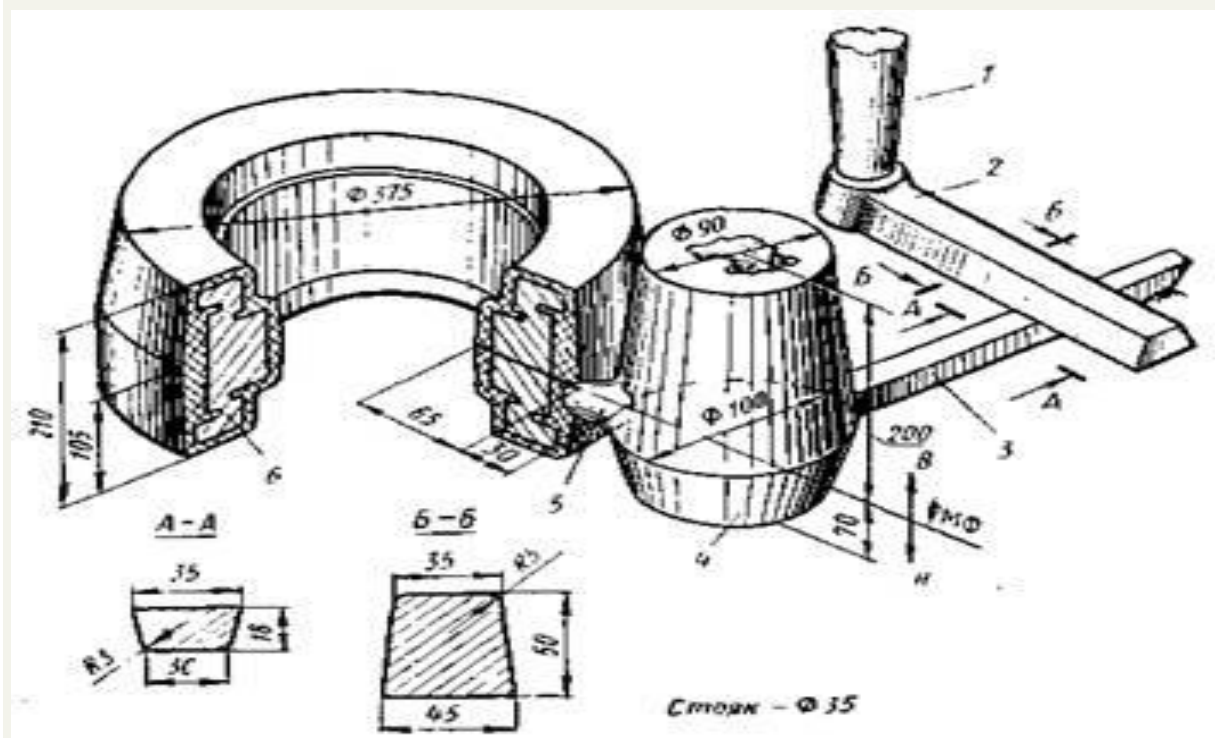


Рисунок 55. Питание массивных узлов бобышками (отливка втулки подшипника): 1 — стояк; 2 — шлакоуловитель; 3 — питатель; 4 — питающая бобышка; 5 — литниковый ход; 6 — отливка

Эффективность действия питающих бобышек основана на следующем: а) конструкция литниковой системы и ее функции остаются обычными, поэтому бобышку можно считать частью отливки; б) питатели, подводящие металл к бобышке, должны иметь минимально допустимое сечение; в) переходной канал от бобышки к отливке должен быть коротким и массивным, сечение его устанавливают по практическим данным; г) верхняя часть бобышки должна располагаться выше питаемого узла.

**РАЗМЕРЫ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ
С ПИТАЮЩИМИ БОБЫШКАМИ (рис. 134)**

Масса отливки, кг	Отношение площадей сечений бобышки и питаемого узла от- ливки ¹	Питающая бобышка			Литниковый канал		
		Б	А	Н/Д	В	Диаметр ²	Длина × ширина ³
До 15	1,0—1,2	Д	80—100	1,5—2,0	15—20	20	18/16×18
15—60	0,9—1,1	0,9Д	80—100	1,3—1,8	15—20	25	23/20×23
60—300	0,7—0,9	0,8Д	80—100	1,1—1,6	20—25	40	36/32×36
300—1500	0,6—0,8	0,7Д	—	1,0—1,4	25—30	50	46/42×46
Свыше 1500	0,5—0,7	0,6Д	—	0,9—1,2	30—35	60	55/50×55

¹ За площадь сечения питаемого узла отливки при расчетах питающих бобышек принимают площадь окружности, вписанной в этот узел.

² При круглом сечении.

³ При прямоугольном сечении.

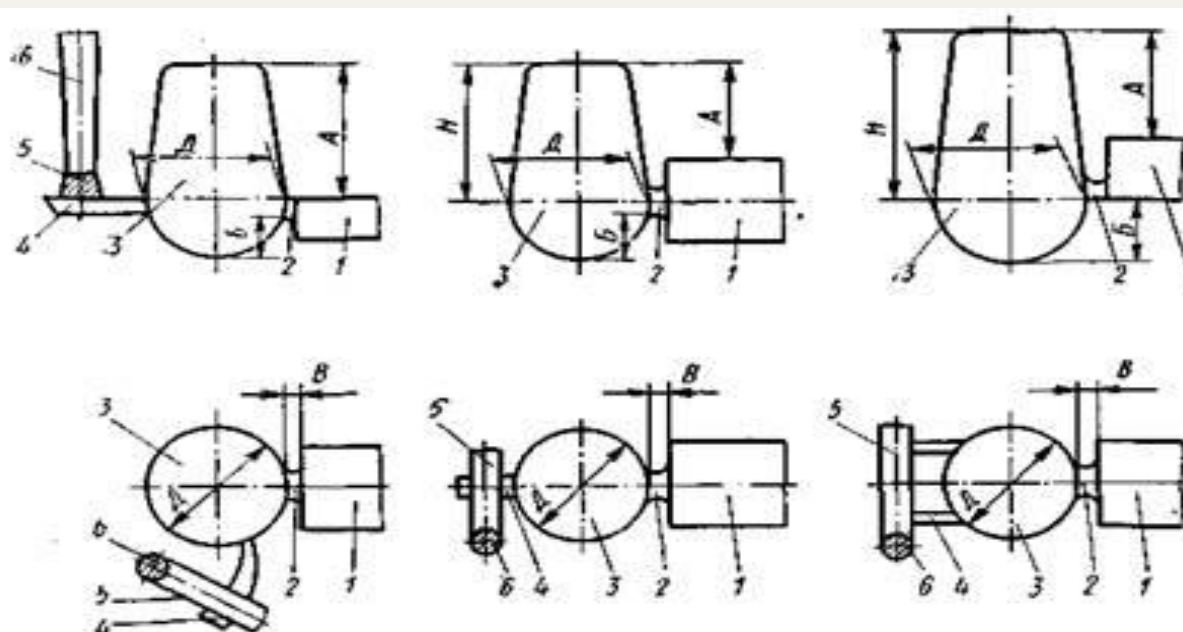


Рисунок 56. Варианты подвода металла от питающей бобышки к отливке:

1 — отливка; 2 — литниковый канал; 3 — питающая бобышка; 4 — питатели; 5 — шлакоуловитель; 6 — стояк (А — высота бобышки над отливкой); Б — глубина нижней части бобышки; В — длина литникового канала; Д — диаметр бобышки; Н — высота верхней части бобышки)

Размеры питающих бобышек приведены в табл. 42. Когда несколько отливок питаются от одной бобышки, отношение ее сечения к сечению питаемого узла отливки увеличивают по сравнению с максимальным на 15—30%. В отдельных случаях усадку устраняют, делая утолщения в питателях и шлакоуловителях, находящихся на расстоянии 15—30 мм от отливки. Утолщение шлакоуловителя можно выполнять и не по всей его длине, а непосредственно у отливки. При разработке технологии получения отливки технолог выбирает места подвода металла к отливке и устанавливает размеры питателей (F1) исходя из их назначения, принятого в литейном цехе нормального ряда сечений питателей, и сложности конфигураций отливок. При этом он учитывает и наличие в цехе унифицированной оснастки. Места подвода металла к отливке технолог выбирает исходя из опыта. Пока нет единой методики и каких-либо четких рекомендаций, пригодных для многообразной номенклатуры станочных отливок.

На основе многолетнего опыта цехов, выпускающих станочное литье, установлены следующие рекомендации:

1. Для мелких отливок желательно применять квадратные и круглые питатели. Минимальный размер стороны квадрата или диаметра — 10 мм. Питатели меньших размеров или плоские питатели в большинстве случаев вызывают появление усадочных дефектов в месте подвода металла.

Для плоскостных отливок необходим рассредоточенный подвод металла.

Для отливок высотой более 400 мм желательно применять ярусную литниковую систему.

Металл к направляющим следует подводить на уровне их верхней плоскости.

Указанный краткий перечень не исчерпывает всех возможных рекомендаций.

Затем технолог рассчитывает размеры элементов литниковой системы (F2). Ниже приведен наиболее оправдавший себя на практике метод расчета литниковых систем для мелких, средних и крупных станочных отливок.

Размеры питателей (F1), установленные с учетом опыта, технолог сравнивает с расчетными (F2). Если $\Sigma F_1 < \Sigma F_2$, то выбранные питатели выполняют функцию лимитирующего сечения, и никаких других изменений литниковая система не требует. Если $\Sigma F_1 > \Sigma F_2$ то питатели считают как бы частью отливки и вводят лимитирующее сечение между стояком и

первым питателем за счет специальных пережимов, дросселей, сеток и др. Например, так выполнена ярусная литниковая система, приведенная на рис. 130, а и б, где лимитирующее сечение 4 введено до питателей 7. При расчете элементов литниковой системы определяют следующие параметры:

1. Время τ заливки формы металлом:

$$\tau = 2 \sqrt[3]{8G}, \quad (4)$$

где δ — преобладающая толщина стенки отливки, мм ; G — металлоемкость формы, кг;

2. Средний секундный расход металла (кг /с):

$$G_{с. ср} = \frac{G}{\tau}; \quad (5)$$

3. Начальный секундный расход с учетом первоначальной скорости истечения металла при незаполненной литниковой системе

$$G_{с. н} = KG_{с. ср}, \quad (6)$$

где K — коэффициент, определяемый по графику на рис. 135;

4. Площадь сечения питателей:

$$F_2 = \frac{1000G}{\gamma \mu \sqrt{2gH}}, \quad (7)$$

где G — масса отливки, кг ; γ — плотность металла, г/см³; μ — коэффициент сопротивления литниковой системы и формы; g —

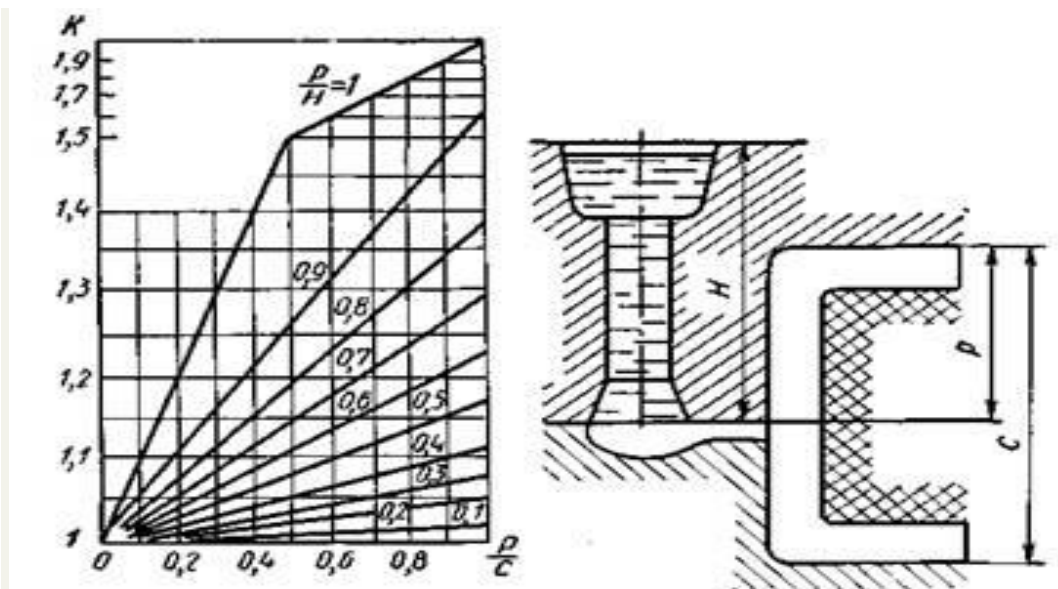


Рисунок 57. К определению поправочного коэффициента на начальный расход металла

ускорение свободного падения, см/с^2 ; H — расчетный напор металла, см. (расстояние от места подвода металла к отливке до уровня металла в литниковой чаше).

$\frac{G}{\tau} \approx G_{c.н}$ и подстановки в последнюю формулу

числовых значений $\gamma = 6,8 \text{ г/см}^3$ (среднее значение для жидкого чугуна) и $\mu = 0,5$ * (для станочного литья) получим

$$F_2 = \frac{1000 G_{c.н}}{6,8 \cdot 0,5 \sqrt{2 \cdot 981 H}} = \frac{6,64 G_{c.н}}{\sqrt{H}}.$$

Размеры литниковых воронок и чаш зависят от скорости заливки. При расходе до 4,5 кг/с рекомендуют применять воронки, при большем — чаши. При расходе до 4,5 кг/с можно применять чаши, если металл заливают из больших ковшей. В работе приведены рациональные конструкции и размеры чаш, установленные методом моделирования, даны размеры нормализованных литниковых воронок и чаш в зависимости от верхнего диаметра стояка.

Площадь сечения стояков определяют из условия обеспечения положительного давления в верхнем его сечении:

$$F_{\text{ст. в}} = \sum F_2 \sqrt{\frac{H}{H_q}},$$

$$d_{\text{ст. в}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{ст. в}}}{\pi}}, \quad (8)$$

где $F_{\text{ст.}}$ — площадь верхнего сечения стояка, см^2 ; H — напор, см ; H_q — высота литниковой чаши, см ; $d_{\text{ст. в}}$ — верхний диаметр стояка, см .

Диаметр нижнего сечения стояка определяют с учетом необходимого уклона ($3\text{—}5^\circ$), однако площадь его сечения должна быть не меньше площади расчетного сечения:

$$F_{\text{ст. н}} > \sum F_2.$$

Если это условие не выполняется, то надо увеличить площадь $F_{\text{ст}}$ в

Суммарная площадь сечения шлакоуловителей должна быть на $30\text{—}70\%$ больше площади лимитирующего сечения:

$$\sum F_{\text{шл}} = (1,3 + 1,7) \sum F_2.$$

При использовании шлакоуловителей как подпитывающих элементов для отливок площадь их сечения увеличивают.

Для тяжелых отливок пока нет единой методики расчета литниковых систем. Для них можно рекомендовать методику расчета, применяемую в литейных цехах ЛСО им. Свердлова.

Для отливок массой до 10 т площадь сечения питателей выбирают из расчета 10 см^2 на 1 т отливок. Для отливок большей массы площадь сечения питателей следует выбирать с учетом данных, приведенных ниже:

Черная масса отливки, т	Площадь сечения питателей, см²
5—6	60
7—10	80
11—20	120
30—40	140—160
50—60	160—180

Для протяженных и тонкостенных отливок площадь сечения питателей увеличивают на 20—30% вследствие рассредоточенного подвода металла и увеличения числа питателей.

Необходимо соблюдать следующее соотношение сечений элементов литниковой системы:

$$F_{\text{ст}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{п}} = 1,4:1,2:1$$

Рассмотрим несколько примеров выбора и расчета питателей для некоторых отливок.

Отливка корпуса коробки подач токарно-винторезного станка мод. 1К62 располагается в верхней полуформе. Предусмотренные три питателя сечением 19/22x12 мм, расположенные по длинной стороне отливки, обеспечивают равномерное заполнение формы.

Площадь сечения питателя $F_1 = 2,4 \text{ см}^2$; суммарная площадь

$\Sigma F_1 = 2,4 \cdot 3 = 7,2 \text{ см}^2$ По расчету $\Sigma F_2 = 8 \text{ см}^2$ ($\mu = 0,25$ из-за установки фильтровальной сетки). Так как $\Sigma F_1 < \Sigma F_2$, запроектированные питатели выполняют функцию лимитирующего сечения.

($\sim^2/3$ массы станины). По расчету $\Sigma F_2 = 23,6 \text{ см}^2$ Площадь сечения одного запроектированного питателя 8 см^2 ; суммарная площадь питателей $\Sigma F_1 = 8 \cdot 4 = 32 \text{ см}^2$. Так как литниковую $\Sigma F_1 > \Sigma F_2$ систему выполняют со специальным пережимом, как показано на рис. 130, а и б.

Со стороны левого торца производят заливку металла (примерно $3400 - 2400 = 1000 \text{ кг}$) через два питателя. Площадь сечения $\Sigma F_1 = 8 \cdot 2 = 16 \text{ см}^2$ каждого запроектированного питателя также 8 см^2 ;

Для этой литниковой системы $\Sigma F_2 = 13,3 \text{ см}^2$ и она должна быть также выполнена, как указано на рис. 130, а и б.

Унификация элементов литниковых систем проводится в соответствии с делением отливок на группы по массе. Все элементы литниковых систем для отливок одной группы выбирают, исходя из максимального расхода металла отливки данной группы, определяемого расчетом. Рекомендуемые размеры унифицированных шлакоуловителей, стояков и литниковых чаш для отливок различных групп по массе. Суммарное сечение питателей при этом определяли по изложенной выше методике. Применение унифицированных элементов снижает трудоемкость и улучшает качество отливок. Из них выполняют литниковые и выпорные чаши, стояки и питатели для изготовления отливок различной массы и назначения. Технология выполнения унифицированных элементов литниковых систем определяется имеющимся оборудованием и применяемыми для изготовления отливок технологическими процессами. При этом можно использовать сухие и химически твердеющие смеси. Например, унифицированные питатели можно изготавливать из смесей на жидком стекле с продувкой их CO_2 через отверстия в протяжном стояке. В зависимости от массы отливок отдельные элементы литниковой системы имеют особенности.

РАЗМЕРЫ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ				
Масса отливок, кг	Размеры сечения шлакоуловителя, мм	Диаметр стояка, мм	Литниковая чаша	
			Размеры сечения, мм	Масса, кг
До 15	20/25×25	25	Ø 100/35×95	1,7
16—100	25/30×30	30	Ø 100/45×105	2,5
101—500	30/35×40	45	300×160×115	40
501—1000	40/45×50	55	460×190×170	125
1001—2000	50/60×60	60	560×250×200	150
2001—5000	70/80×80	70	580×285×240	200
2001—5000	80/90×90 *	90	815×390×300	515

* Элементы с такими размерами применяют при ускоренной заливке металла

Литниковые системы для мелких отливок

Для отливок массой до 15 кг можно применять литниковую систему с воронкой и фильтровальной сеткой. При ручной формовке стояк и воронку выполняют по обычной модели. При машинной формовке с подпрессовкой для этой цели используют специальную конструкцию — пружинящий стояк. Фильтровальную сетку изготавливают из стержневой смеси с высокой прочностью по-сухому ($13\text{—}15 \text{ кгс/см}^2$) или из керамики. Сетку устанавливают в нижней части воронки, или что более рационально, по разьему формы в нижней полуформе, где она является тормозящим элементов системы.

Литниковая система для получения отливки рычага массой 0,2 кг. В форме одновременно изготавливают 22 рычага общей массой 4,4 кг. Литниковую систему выполняют из нормализованных элементов. Металл из воронки 1 через стояк 2 и верхний металлоприемник 3 попадает в фильтровальную сетку 4, а затем в нижний металлоприемник и литниковый канал 5, шлакоуловитель 6 и питатель 7, а затем в отливку 8. Литниковую систему для отливок массой 16—100 кг выполняют из следующих унифицированных элементов: а) литниковой чаши с фильтровальной сеткой; б) стояка; в) шлакоуловителя; г) питателей. Пример применения литниковой чаши с фильтровальной сеткой. Литниковая чаша выполнена стержнем и установлена в специальном гнезде в верхней полуформе. В дне стержня сделано 13 отверстий диаметром 8 мм. Общая площадь сечений отверстий $6,5 \text{ см}^2$. На некоторых заводах начато внедрение литниковых систем нового типа с тонкой фильтрацией металла. Особенностью этих систем является применение сетки из высокоогнеупорных материалов, которая обеспечивает тонкую фильтрацию металла и полное улавливание газов, шлаков и других неметаллических включений.

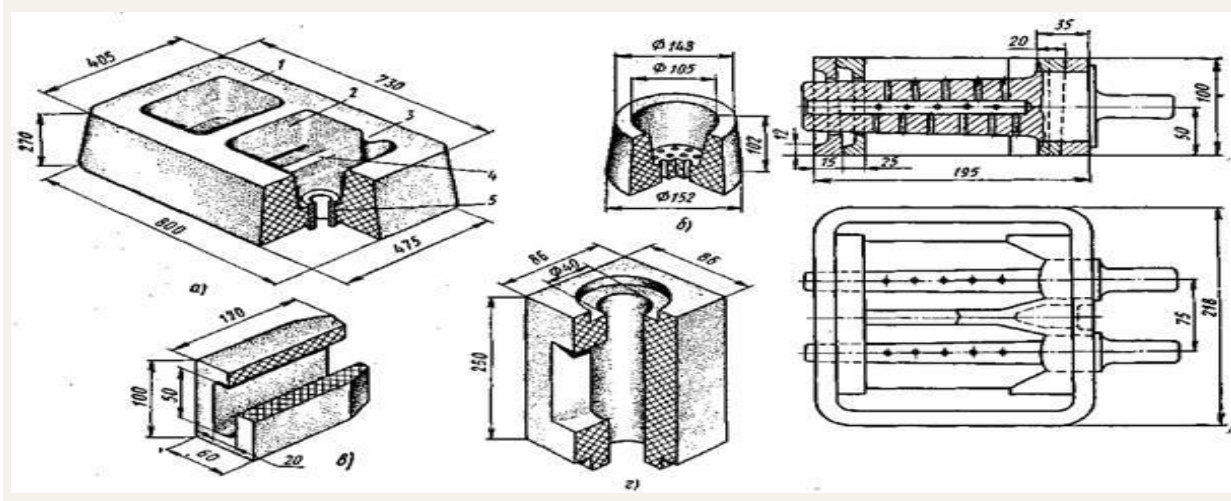


Рисунок 58. Элементы унифицированных литниковых систем: а и б — литниковые чаши соответственно для отливок массой 2000—3000 кг и 40 — 100 кг; в и г — стержни

для питателя и стояка; д — стержневой ящик: 1 — литниковая чаша; 2 — перегородка; 3 — боковой порог; 4 — нижний порог; 5 — литниковое кольцо

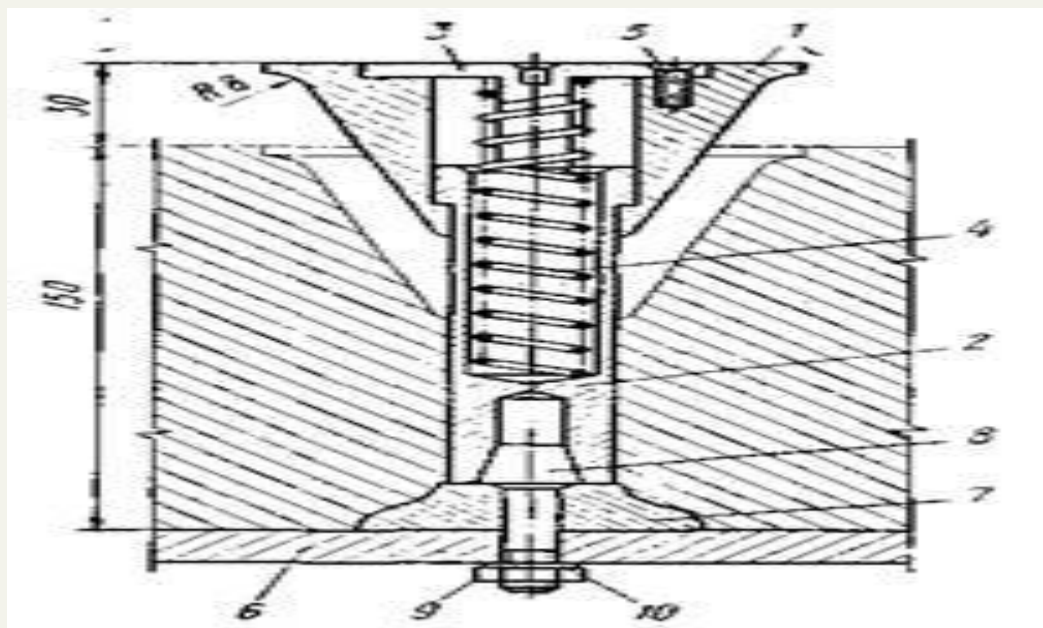


Рисунок 59. Пружинающий стояк для получения литниковой воронки при формовке на встряхивающих машинах с подпрессовкой : 1 — корпус литниковой воронки; 2 — стояк; 3 — крышка; 4 — пружина; 5 — винт; 6 — модельная плита; 7 — верхний металлоприемник ; 8 — шпилька под стояк; 9 — гайка; 10 — шайба пружинная

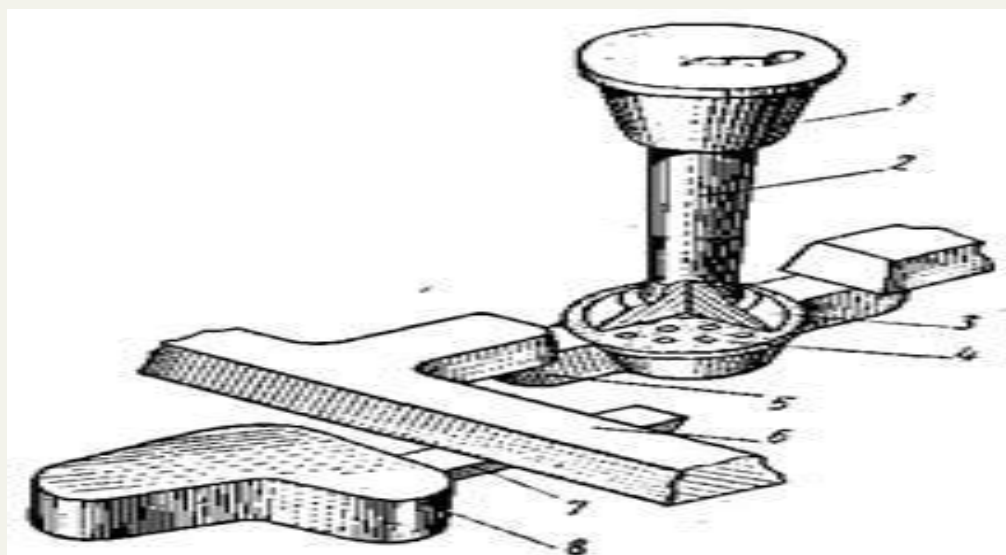


Рисунок 60. Литниковая система для отливок общей массой до 15 кг

Сетка уменьшает расход металла и упрощает конструкцию литниковой системы за счет возможности уменьшения сечений ее элементов. При этом снижается брак и улучшается

качество отливок. Такие фильтры марки КС11-ЛА изготавливают в виде сетки с ячейками размерами 2х2 мм и толщиной 2 мм из стеклоткани типа КС с температурой размягчения не менее 1350°. Сетку разрезают на куски требуемых размеров и устанавливают на разъем формы при ее сборке. Несмотря на высокую стоимость стеклоткани, ее применение в ряде случаев экономически оправдано. Литниковые чаши для отливок массой 101—500 кг выполняют из смесей, подвергающихся сушке или химическому твердению, с прочностью не менее 3—4 кгс/см². Для отливок массой до 250 кг не требующих большого металлостатического напора, можно применять утопленные литниковые чаши без элементов торможения, для отливок массой 501—1000 кг — литниковые чаши со шлакоулавливающей перегородкой. При ручной формовке стояки выполняют по модели с применением облицовочной смеси, а при машинной формовке — с помощью специальных стержней или модели переходного стояка.

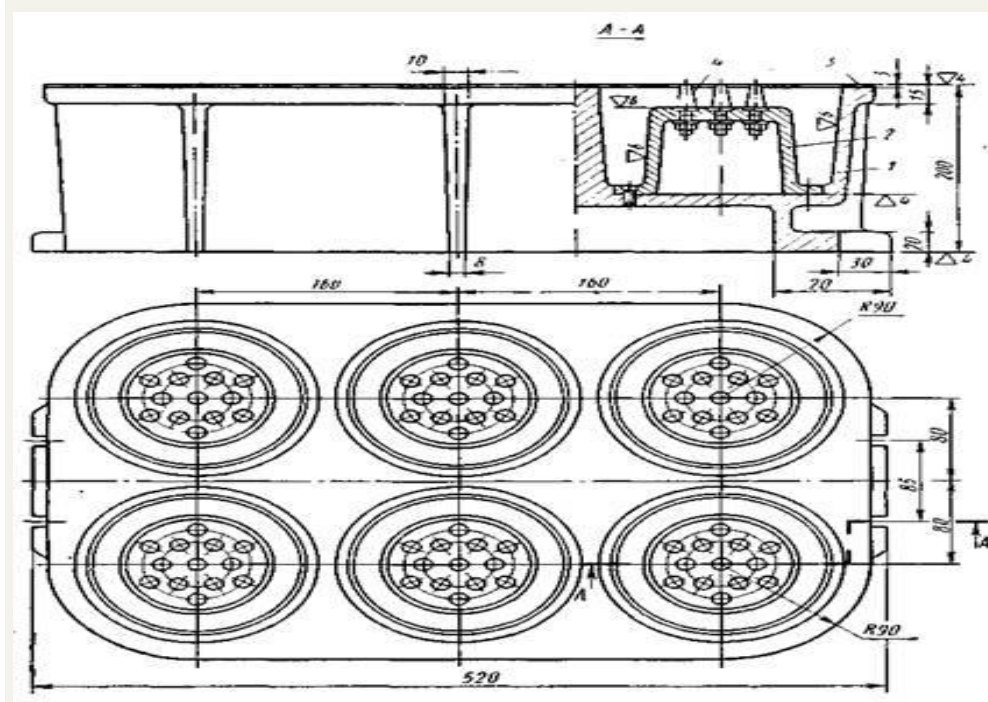


Рисунок 61. Стержневой ящик для машинной формовки литниковой чаши с фильтровальной сеткой: 1 — алюминиевый корпус; 2 — вставка; 3 — стальная пластина; 4 — питатели

Переходный стояк представляет собой болванку круглого или прямоугольного сечения размером 125х150 мм, которую устанавливают на модельную плиту в процессе формовки на месте стояка. После уплотнения смеси переходный стояк вынимают и ставят на это

место основной стояк необходимого сечения. Полость, образовавшуюся между основным и переходным стояком, заполняют облицовочной смесью.

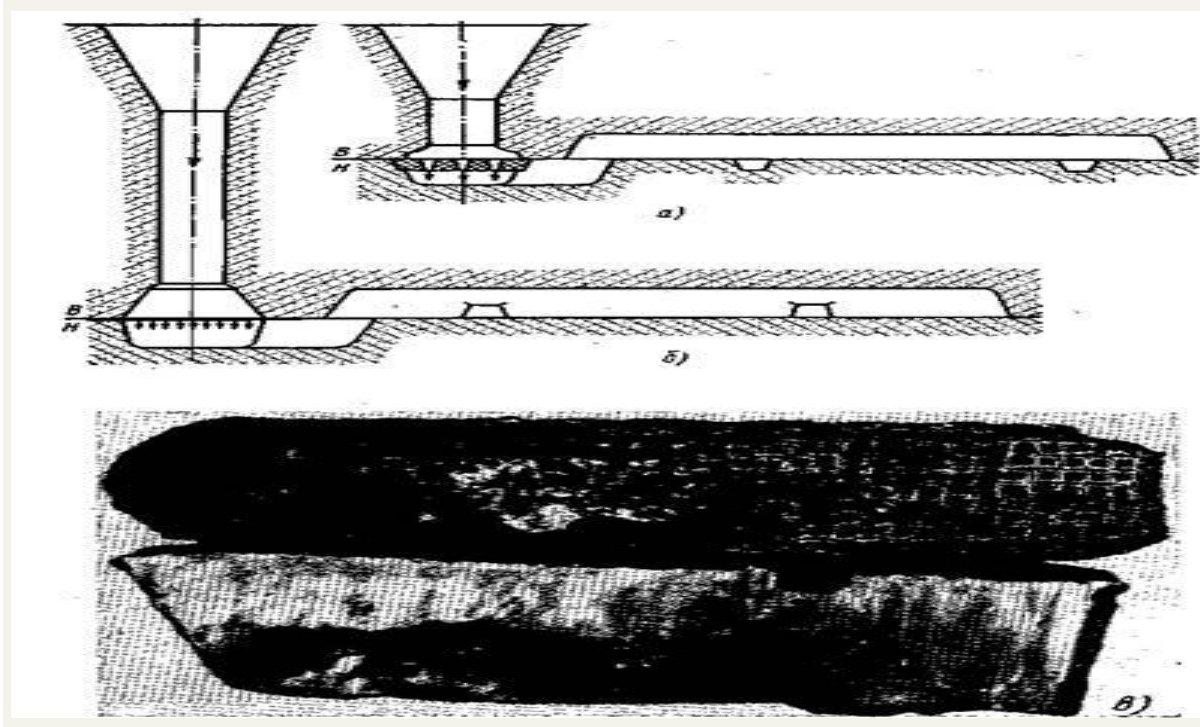


Рисунок 62. фильтрация металла сетками: а — из стержневых смесей; б — из стеклоткани марки КС11-ЛА; в — отливка узла верхнего и нижнего металлоприемника с фильтровальной сеткой из стеклоткани марки КС11-ЛА



Рисунок 63. Установка фильтровальной сетки из стеклоткани в литниковую систему при сборке форм: 1 — стеклоткань; 2 — нижняя полуформа

Шлакоуловители выполняют по модели с использованием облицовочной смеси. В формах с поверхностной подсушкой питатели и стояки-опуски выполняют преимущественно в стержнях. Литниковые системы для крупных отливок (1000—5000 кг). Литниковые чаши применяют обязательно со шлакоулавливающей перегородкой и формуют в специальных опоках (кожухах) из смесей, подвергающихся сушке или химическому твердению. Стояки выполняют по модели с применением облицовочной смеси, стержнями и керамикой. Шлакоуловители и питатели — по моделям с применением облицовочной смеси. В некоторых случаях питатели выполняют в стержнях. Литниковые системы для тяжелых отливок (свыше 5000 кг). Литниковые чаши изготавливают вручную в опоках, футерованных огнеупорной глиной, с двумя или тремя стояками. Стояки диаметром 70 и 80 мм, питатели диаметром 40 и 50 мм и стояки распределительные диаметрами 50 и 60 мм выполняют керамикой. Шлакоуловители получают по модели с применением облицовочных смесей.

Скоростная заливка форм

При изготовлении корпусных станочных отливок с развитой поверхностью охлаждения и массивными узлами применяют скоростную заливку форм. Основным преимуществом скоростной заливки является уменьшение перегрева участков формы, примыкающих к местам подвода металла или подвергающихся нагреву в результате излучения зеркала металла. Это, в свою очередь, способствует уменьшению опасности образования поверхностных дефектов в отливке, более равномерному ее охлаждению и уменьшению остаточных напряжений. Скоростная заливка позволяет в случаях, когда это не вызывает образования дефектов (например, газовых раковин), производить заливку чугуна при более низкой температуре. Это также может способствовать предотвращению пригара и других дефектов на поверхности отливок. Критерием скоростной заливки является секундный расход металла, в 3—4 раза превышающий обычный, определенный по вышеприведенным формулам. При расчете литниковой системы назначают необходимый повышенный секундный расход металла, а затем по приведенной выше методике определяют необходимые размеры элементов литниковой системы. Верхний диаметр стояка должен быть не более 90—100 мм, в противном случае устанавливают несколько стояков. Число выпоров необходимо увеличивать вследствие значительного повышения скорости выброса газов из формы.

При скоростной заливке форм наиболее рационально применять мерные чаши, полностью исключающие опасность попадания шлака в форму и обеспечивающие повышение выхода годного литья. В случаях, когда невозможна установка мерных чаш, применяют чаши увеличенных размеров, исходя из условия:

$$G_{\text{ч}} = (6 - 7) G_{\text{с.н}} \quad (9)$$

где $G_{\text{ч}}$ — масса металла в чаше, кг; $G_{\text{с.н}}$ — начальный расход металла, кг/с.

Расчет литниковой системы в зависимости площади сечения питателей и их числа от массы и толщины стенки отливки из серого чугуна

Зависимость площади сечения питателей и их числа от массы и толщины стенки отливки из серого чугуна

Масса отливки, кг	Размеры одного питателя		Число питателей при толщине отливки, мм				
	Площадь сечения, мм ²	Длина, мм	3—5	5—8	8—10	10—15	15—20
До 0,5	30—40	10—15	1	1	1	1	1
0,5—1	40—50	15—20	1	1	1	1	1
1—3	50—70	20—25	1	1	1	1	1
3—5	70—80	25—30	2	2	1	1	1
5—10	70—90	25—30	3	3	2—3	2—3	2—3
10—15	70—90	25—30	В зависимости от формы отливки	3	3	3	3
15—20	80—90	25—30		4	4	3	3
20—40	80—100	30—35		4	4	3	3
40—60	100—150	30—35		4—5	4	3—4	3
60—100	100—150	30—35		5—6	5	4—5	4
100—150	100—150	40—45		7—8	7	5—6	5
150—200	100—150	45—50		8—9	8	6—7	6

Для правильной работы литниковой системы необходимо определенное соотношение размеров ее элементов — стояка, шлакоуловителя и питателей. Обычно сечения литниковых каналов от стояка до входа в полость формы постепенно уменьшаются. Поперечное сечение шлакоуловителя меньше поперечного сечения стояка, а площадь сечения питателей, в свою очередь, меньше площади шлакоуловителя. Такое соотношение размеров элементов литниковой системы создает в ней условия, при которых в процессе заливки все каналы литниковой системы полностью заполнены металлом. При этом шлак

и грязь, поступающая вместе с металлом в шлакоуловитель, остаются в нем, не попадая в полость формы. Такая литниковая система называется закрытой. Могут быть и другие типы литниковых систем: открытая или более сложные комбинированные.

Расчет литниковых систем основан на применении уравнений гидравлики для идеальных жидкостей, текущих в газонепроницаемых каналах. Так как жидкий металл не является идеальной жидкостью (его свойства изменяются во время течения), а песчаная форма газопроницаема, дополнительно используют экспериментальные данные.

Существует несколько методов расчета литниковой системы, применяемых в зависимости от типа литниковой системы, сплава, заливаемого в форму, и некоторых других факторов.

В практике производства отливок широко известен упрощенный метод определения размеров литниковой системы по таблицам, предложенным В.И.Фундатором (табл. 14).

Минимально допустимая температура заливки чугуна, принятая при составлении таблицы, 1250 °С. Остальные размеры литниковой системы подсчитывают по соотношению

$$F_{\min} : F_{\text{ш}} : F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,1 : 1,5,$$

где $F_{\text{ш}}$ и $F_{\text{ст}}$ — площади сечения шлакоуловителя и стояка.

Расчет сводится к определению минимальной площади сечений питателей (суммарной)

Минимальная площадь сечений питателей — площадь, при которой обеспечивается получение качественных отливок при наиболее низкой допустимой температуре заливки и наименьшем давлении. Пример расчета литниковой системы. Определим размеры частей литниковой системы для отливки газонной решетки массой 15 кг со стенками толщиной 15 мм. Зная массу отливки, пользуясь табл. 14, во второй графе напротив отливки массой 15 кг находим, что площадь сечения одного питателя должна быть равна 80 мм². В следующей графе в той же строке справа находим ; длину питателя 25—30 мм. По толщине стенки 15 мм находим число питателей, их должно быть 3.

Следовательно, общая площадь питателей равна 240 мм². По вышеприведенному соотношению находим

$$F_{\text{ш}} = 240 \cdot 1,1 = 264 \text{ мм}^2;$$

площадь стояка

$$F_{\text{ст}} = 240 \cdot 1,5 = 360 \text{ мм}^2.$$

Конфигурацию сечения питателей делают в зависимости от конфигурации отливки, они должны легко отламываться, не разрушая отливки. Питатели тонкостенных художественных отливок обычно имеют сечение в виде трапеции, основание которой больше высоты (щелевые питатели). Сечение шлакоуловителя выполняют в виде трапеции, высота которой равна основанию или несколько больше него. Стояки обычно

бывают круглыми. Если питатели приходится делать длиннее, чем указано в табл. 14, площадь их сечения увеличивают на 17—20 %. Соответственно по приведенному выше соотношению увеличивают площади сечений остальных элементов литниковой системы.

Тема : Общие сведения: изготовление стержней

Стержни чаще всего образуют внутренние полости отливок. Во время заливки они находятся в более тяжелых условиях, чем собственно литейная форма, так как в большинстве случаев вся их поверхность, кроме знаков, омывается расплавом.

По этим причинам стержни должны обладать высокими показателями прочности, газопроницаемости, податливости, а также противопригарностью поверхности. Кроме того, они должны легко выбиваться из отливки после ее остывания. Эти свойства обеспечиваются сушкой, армированием, вентиляцией и окраской стержней.

Армирование — установка проволочных или литых чугунных каркасов внутрь стержня для повышения прочности. В каркасах, применяемых для изготовления крупных стержней, предусмотрены залитые в чугунное основание стальные вески, облегчающие транспортирование и установку стержней в форму с помощью грузоподъемных средств (мостовой кран, электротельфер и др.).

Вентиляция осуществляется наколом газоотводных каналов, устройством внутри стержня подушки из шлака и другими способами. Она обеспечивает высокую газопроницаемость стержней, что предупреждает образование брака отливок по газовым раковинам.

Сушка придает стержням высокую прочность за счет превращения связующих веществ, приводит к испарению влаги и выгоранию части органических веществ, что повышает газопроницаемость и податливость стержней. Сушка производится в газовых печах-сушилах, которые по конструкции делятся «а шкафные, камерные и конвейерные.

Продолжительность сушки

и ее температура зависят от массивности и конфигурации стержня, а также от вида входящих в состав стержневой смеси связующих материалов. Мелкие стержни на крепителях КВ, П, СБ сушатся при температуре 130—240° С в течение 1—3 ч. Мелкие песчано-глинистые стержни при той же длительности сушки требуют более высокой температуры, равной 250° С. Сушка средних и крупных песчано-глинистых стержней производится при 300—450° С в течение 4—8 ч. При изготовлении стержней из смесей с жидким стеклом высокая их прочность может быть получена продувкой в течение 5—10 мин углекислым газом, который подается через отверстия в стенках ящика или во внутреннюю полость стержня. Чтобы полностью отказаться от сушки, которая приводит к снижению точности стержней, в последние годы освоены «горячий» и «холодный» процессы изготовления стержней из смесей с синтетическими смолами при их твердении непосредственно в ящике. Окраска стержня после сушки противопригарной графитовой (при чугунном литье) или маршалитовой — на пылевидном кварце (при стальном литье)

краской улучшает качество поверхности стержня, предупреждает пригар стержня к отливке. Изготовление стержней обычно складывается из следующих последовательно выполненных операций: формовки сырого стержня, сушки, отделки и окраски сухого стержня. Если стержни изготавливают из нескольких отдельных частей, то после сушки их спаривают или скрепляют проволокой, схема последовательных операций изготовления стержня тройника по разъемному ящику. Половинки ящика 1 и 2 очищают от пыли, а затем наполняют стержневой смесью, которую уплотняют трамбовкой 3. Далее в смесь укладывают и углубляют несколько ниже плоскости разъема проволоочный каркас 4. После набивки половин ящика смесью ланцетом или гладилкой прорезают газоотводные каналы 5, а затем спаривают половинки ящика, предварительно смазав поверхность разъема обеих половин стержня раствором глины. Отделив стержень от стенок ящика ударами деревянного молотка, осторожно снимают верхнюю его половину. После того как на нижнюю половину ящика наложена фасонная сушильная плита 6, комплект поворачивают на 180° , а затем снимают вторую половину ящика. Далее стержень 7 отделывают и направляют в сушильную печь. В настоящее время широко применяется машинная формовка стержней на пескодувных, пескострельных, встряхивающих и других машинах. Пескодувные и пескострельные машины в состоянии надувать стержни сложной конфигурации массой от 100 г до 100 кг, а более простые — массой до 700 кг. Производительность этих машин достигает 100—200 мелких стержней в час.

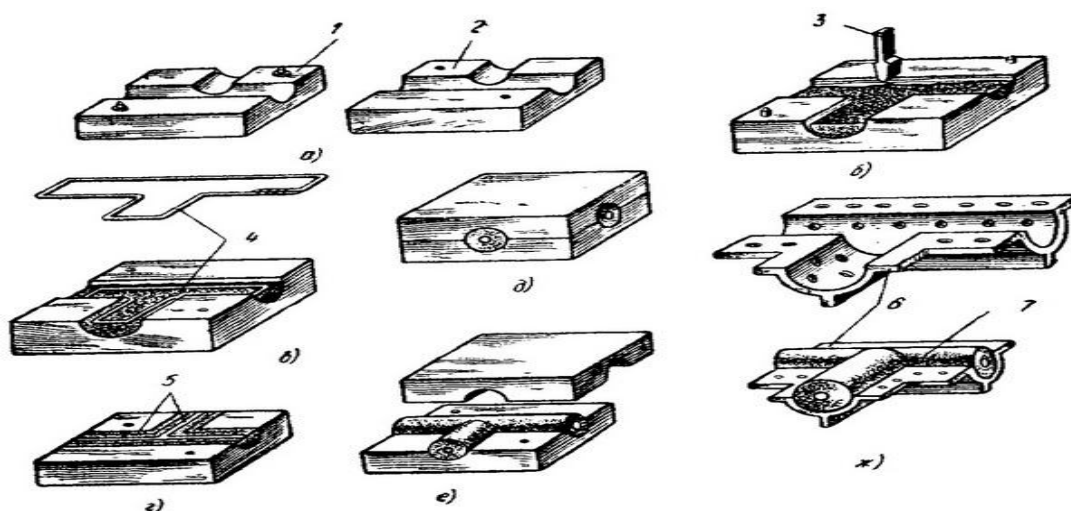


Рисунок 64. Технологический процесс изготовления стержня ручным способом:

а — стержневой ящик, б, в, г — набивка половины стержня, д — спаривание половинок стержня, е, ж — освобождение стержня от ящика и укладка его на сушильную плиту; 1, 2 — половинки ящика, 3 — трамбовка, 4 — проволоочный каркас, 5 — газоотводные каналы, 6 — сушильная плита, 7 — стержень

Тема: Конструкция стержней

Литейными стержнями называют элементы литейной формы, изготавливаемые отдельно от полуформ по специальной (как правило) оснастке и предназначенные для получения в отливке отверстий и полостей, которые не могут быть получены от модели. Стержни, как правило, ставят в форму после сушки, чтобы увеличить их прочность и уменьшить газотворность. Стержневые знаки служат для обеспечения правильного и надежного фиксирования стержня в форме и удаления из него газов во время заливки. При проектировании стержней необходимо:

- определить границы стержней и их количество;
- выбрать или рассчитать размеры знаковых частей и определить величину зазоров между знаками формы стержней;
- обеспечить прочность за счет выбора соответствующего состава стержневой смеси или установки каркасов;
- выбрать способ изготовления, показать плоскость разъема стержневых ящиков и направление набивки;
- разработать систему вентиляции.

При конструировании стержней руководствуемся следующими соображениями:

- стержень располагается в нижней полуформе, так как на установку и крепление стержня в верхней опоке затрачивается в 5-6 раз больше времени, чем в нижней;
- избегаем односторонне посаженных стержней, для чего пользуемся приемом дублирования стержней; при этом исключается возможность их смещения под действием собственной массы или напора металла;
- конструкция формы исключает фиксирование одних стержней в знаках других, так как при этом суммируются ошибки их установки.

При изготовлении отливки данной детали используем один дублированный стержень:

Основные размеры стержня: $L = 235\text{мм}$, $a = 704\text{мм}$, $b = 184\text{мм}$.

Длина горизонтального знака из [8, с.3, табл.1] равна 80мм, что явно недостаточно для устойчивости дублированного стержня. Руководствуясь пунктом 3.4 ГОСТ 3606-80 увеличим длину знака до 240мм.

Формовочные уклоны на знаковой формообразующей поверхности:

$$a = 6^\circ, b = 8^\circ$$

Значения зазоров S_1 , S_2 и S_3

$$S_1 = 0.6\text{мм}, S_2 = 0.6\text{мм}, S_3 = 0.5 * S_1 = 0.9\text{мм}.$$

Радиус скругления (переход от основной к знаковой формообразующей поверхности): $r = 5\text{мм}$

Для получения гнезд под подшипники рассчитаем выступы на дублированном стержне:

Для нижних по заливке: высота знака $h = 35\text{мм}$

Для верхних по заливке: высота знака $h_1 = 0.4 * h = 0.4 * 35 = 14\text{мм}$

Формовочные уклоны на знаковой формообразующей поверхности:

$$a = 7^\circ, b = 10^\circ$$

Значения зазоров S_1 и S_2 :

Для нижних знаков: $S_1 = 0.3\text{мм}, S_2 = 0.4\text{мм}$

Для верхних: $S_1 = 0.2\text{мм}, S_2 = 0.4\text{мм}$

Радиус скругления: $r = 2,3\text{мм}$

При формовке по-сырому для предотвращения разрушения кромок формы при установке стержней ГОСТом 3606-80 рекомендуется выполнять противообжимные пояски для горизонтальных стержней: $a = 12\text{мм}, b = 2\text{мм}$.

Проверка знаков на смятие

Нижний знак.

Прочность смеси на сжатие:

$$\sigma_{сж} \geq \frac{P}{S_{н.зн.}} = 0.5 - 0.8 \text{ кг / см}^2, \quad (10)$$

где P – реакция на опоре, кг,

$$P = \frac{G_{см}}{n}; \quad (11)$$

где Sn.зн. – опорная поверхность нижнего знака, см²,

n – количество знаков в нижней полуформе, n = 5.

Масса стержня:

$$G_{ст} = V_{ст} * g_{ст}, \quad (12)$$

где V_{ст} – объем стержня, г/см³,

$$\begin{aligned} V_{см} = & l * a * b + \left[\frac{b * \pi}{4} * (R_1^2 + R_2^2) + l' * b' * h' + l'' * b * h'' \right] * 2 + \\ & \left[\frac{r_1^2 * \pi * h_1}{2} + l_1 * b_1 * h_1 \right] * 2 + \left[\frac{r_2^2 * \pi * h_1}{2} + \frac{r_3^2 * \pi * h_1}{2} + l_2 * b_1 * h_1 \right] * 2 + \\ & \left[\frac{r_4^2 * \pi * h_2}{2} + l_3 * b_2 * h_2 \right] * 2 + \left[\frac{r_5^2 * \pi * h_2}{2} + \frac{r_6^2 * \pi * h_2}{2} + l_4 * b_2 * h_2 \right] * 2, \text{ см}^3 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} V_{см} = & 24 * 70.4 * 18.4 + \left[\frac{18.4 * 3.14}{4} * (23.5^2 + 14.5^2) + 18 * 10 * 20 + 33 * 18 * 19 \right] * 2 + \\ & \left[\frac{7^2 * 3.14 * 7.75}{2} + 18 * 3 * 7.75 \right] * 2 + \\ & \left[\frac{5.5^2 * 3.14 * 7.75}{2} + \frac{4.9^2 * 3.14 * 7.75}{2} + 28 * 3 * 7.75 \right] * 2 + \\ & \left[\frac{9^2 * 3.14 * 9.8}{2} + 18 * 3 * 9.8 \right] * 2 + \left[\frac{8^2 * 3.14 * 9.8}{2} + \frac{5.5^2 * 3.14 * 9.8}{2} + 28 * 3 * 9.8 \right] * 2 = \\ & = 95637.166 \text{ см}^3 \end{aligned}$$

g_{ст} – плотность стержневой смеси, g_{ст} = 1.65 г/см³.

$$G_{ст} = 95637.166 * 1.65 = 157801.32 \text{ г.}$$

$$P = \frac{G_{ст}}{n} = \frac{157801.32}{5} = 31560.264 \text{ г.},$$

Опорная поверхность нижнего знака:

$$S_{н.зн.} = \frac{r_4^2 * \pi}{2} + b_2 * l_3 \quad (14)$$

$$S_{н.зн.} = \frac{9^2 * 3.14}{2} + 3 * 18 = 181.17 \text{ см}^3$$

Тогда:

$$\frac{P}{S_{н.зн.}} = \frac{31.560}{181.17} = 0.174 \text{ кг / см}^2 \leq \sigma_{сж} \quad \text{- условие выполнено.}$$

Верхний знак.

$$\sigma_{сж} \geq \frac{P_1}{S_{в.зн.}} = 0.5 - 0.8 \text{ кг / см}^2, \quad (15)$$

где $S_{в.зн.}$ – опорная поверхность верхнего знака, см^2 ,

$$P_1 = \frac{P_{ст}}{m}, \quad (16)$$

где $P_{ст}$ – подъемная сила, действующая на стержень, г,

m – количество знаков в верхней полуформе, $m = 5$.

$$P_{ст} = V * \sigma_{ст} * (g_{м} - g_{ст}) - V_{зн} * g_{зн}, \quad (8)$$

$V * \sigma_{ст}$ – объем стержня, на который действует подъемная сила,

$V_{зн}$ - объем стержня, на который не действует подъемная сила, см^3 ,

$$V_{cm}^* = \left[\frac{b * \pi}{4} * (R_1^2 + R_2^2) + l' * b' * h' + l'' * b * h'' \right] * 2 \quad (17)$$

$$V_{cm}^* = \left[\frac{18.4 * 3.14}{4} * (23.5^2 + 14.5^2) + 18 * 10 * 20 + 33 * 18.4 * 19 \right] * 2 =$$

$$= 52300.7 \text{ см}^3$$

$$V_{3H} = l * a * b + \left[\frac{r_1^2 * \pi * h_1}{2} + l_1 * b_1 * h_1 \right] * 2 + \left[\frac{r_2^2 * \pi * h_1}{2} + \frac{r_3^2 * \pi * h_1}{2} + l_2 * b_1 * h_1 \right] * 2 +$$

$$+ \left[\frac{r_4^2 * \pi * h_2}{2} + l_3 * b_2 * h_2 \right] * 2 + \left[\frac{r_5^2 * \pi * h_2}{2} + \frac{r_6^2 * \pi * h_2}{2} + l_4 * b_2 * h_2 \right] * 2 \quad (18)$$

$$V_{3H} = 24 * 70.4 * 18.4 + \left[\frac{7^2 * 3.14 * 7.75}{2} + 18 * 3 * 7.75 \right] * 2 +$$

$$\left[\frac{5.5^2 * 3.14 * 7.75}{2} + \frac{4.9^2 * 3.14 * 7.75}{2} + 28 * 3 * 7.75 \right] * 2 +$$

$$\left[\frac{9^2 * 3.14 * 9.8}{2} + 18 * 3 * 9.8 \right] * 2 + \left[\frac{8^2 * 3.14 * 9.8}{2} + \frac{5.5^2 * 3.14 * 9.8}{2} + 28 * 3 * 9.8 \right] * 2 =$$

$$= 43336.466 \text{ см}^3$$

$$P_{CT} = 52300.7 * (7 - 1.65) - 43336.466 * 1.65 = 208303.576 \text{ Г},$$

$$P_1 = 208303.576 / 5 = 41660.715 \text{ Г};$$

Опорная поверхность верхнего знака:

$$S_{e.3H.} = \frac{r_1^2 * \pi}{2} + l_1 * b_1 \quad (19)$$

$$S_{e.3H.} = \frac{7^2 * 3.14}{2} + 3 * 18 = 130.93 \text{ см}^2$$

Тогда:

$$\frac{P_1}{S_{e.3H.}} = \frac{41.660}{130.93} = 0.318 \text{ Г / см}^2 \leq \sigma_{сж}$$

- условие выполнено.

Тема: Изготовление стержней в ручную

Процессы изготовления стержней в горячей оснастке делят на процессы изготовления стержней из сыпучих (обычно песчано-смоляных) смесей, из жидких смесей и из плакированных смесей. У последних зерна песка предварительно покрывают твердой пленкой смолы; используют плакированные смеси для изготовления оболочковых форм и стержней. Технологические процессы изготовления стержней в холодной оснастке делят на две группы. К первой группе относят процессы, основанные на использовании самотвердеющих смесей, а ко второй — процессы, основанные на отверждении смеси в оснастке при их продувке. Процессы, основанные на использовании самотвердеющих смесей, подразделяют на изготовление стержней из сыпучих смесей с нормальной скоростью самозатвердевания, с повышенной скоростью самозатвердевания и из жидких самотвердеющих смесей. Процессы, основанные на отверждении смесей за счет продувки, имеют следующие разновидности: изготовление стержней, отверждаемых при продувке углекислым газом, газообразным катализатором и сжатым воздухом (подогретым или с нормальной температурой). Операции технологических процессов. Все процессы изготовления стержней включают в себя различные технологические, транспортные и вспомогательные операции. Ряд операций носит общий характер и выполняется во всех технологических процессах, ряд операций является специфическим и выполняется лишь в отдельных вариантах технологических процессов изготовления стержней. Следует учитывать, что чем меньше технологических операций, особенно выполняемых вручную, и чем они проще, тем больше возможностей для механизации и автоматизации технологического процесса, тем выше качество стержней и стабильность их свойств. Принимая во внимание, что ручное изготовление стержней преобладает в литейных цехах с единичным и мелкосерийным характером производства отливок, следует особо остановиться на особенностях таких литейных цехов и особенностях технологии изготовления стержней в этих условиях. Особенности технологии изготовления стержней при единичном и мелкосерийном производстве. Литейные цехи с единичным, мелкосерийным и серийным характером производства отливок составляют более 70 % всех литейных цехов машиностроительных заводов. Номенклатура стержней в таких цехах отличается большим разнообразием по массе, габаритным размерам и сложности. Анализ весовой характеристики стержней на ряде заводов показал, что 75—85 % общего количества стержней, изготавливаемых в литейных цехах, имеют массу до 250 кг.

Следует отметить, что стержни, относящиеся к определенной группе по массе, в рассматриваемых литейных цехах имеют различные габаритные размеры и различную сложность. Количество одинаковых или сходных по размерам и сложности стержней в каждой весовой группе обычно не превышает 15—20 шт. в смену. Формовку стержней в таких цехах производят в основном по деревянным стержневым ящикам, реже по стержневым ящикам из эпоксидных смол или полностью металлическим. При мелкосерийном производстве в большинстве случаев конструкция стержневых ящиков технологом-проектантом не разрабатывается и зависит от опыта и квалификации рабочего-модельщика. Вполне естественно, что такие конструктивные элементы стержневых ящиков, как замки, приспособления для разъема, опорные устройства, связки, крепления подвижных и отъемных частей и т. п., имеют разнообразные виды с индивидуальными и произвольными размерами. Использование машинной формовки при единичном и мелкосерийном производстве стержней, как правило, оказывается технически нецелесообразным, что связано с большими потерями времени на перестановку стержневых ящиков в течение смены и на переналадку самих стержневых машин. Анализ работы стержневых отделений литейных цехов с мелкосерийной и серийной номенклатурой отливок показывает, что для производства стержней даже в условиях одного и того же цеха применяется не одна, а две, три и более различных по составу стержневых смесей. Наряду с большим ассортиментом составов применяемых смесей наблюдается весьма значительный разброс в показателях их физико-механических свойств. Технологический процесс изготовления стержней в таких цехах осложняется необходимостью установки в стержни разнообразных по форме и размерам проволоочных, литых и сварных каркасов, устройства в стержнях пустот и заполнения их различными гранулированными материалами для экономии смеси и улучшения газопроницаемости стержней, изготовления в стержнях вентиляционных каналов и выполнения ряда других операций. Все вышеизложенное сдерживает применение механизированных и автоматизированных установок для уплотнения стержней и различных механизмов для выполнения других операций при их изготовлении: кантовки ящиков и извлечении стержней, простановки каркасов, сборки, очистки и смазки стержневых ящиков, изготовлении вентиляционных каналов, транспортировки стержней и ящиков и т. д.

Подготовка оснастки

Любой из перечисленных технологических процессов начинается с подготовки стержневой оснастки, включая проверку ее комплектности, оценку ее технического состояния и приведение оснастки в рабочее состояние.

Осмотр и очистка стержневых ящиков. Подготовка стержневых ящиков включает визуальный осмотр и очистку внутренней поверхности ящика от остатков стержневой смеси щеткой, кистью и другими инструментами. Внутренняя поверхность, особенно углубления и поднутрения, промежутки между ребрами, гнезда отъемных частей, углы и все поверхности соединения отдельных частей ящика должны быть чистыми, не иметь трещин, забоин и других дефектов. При необходимости ящик протирают влажной тряпкой, а в случае применения водонерастворимых связующих — тряпкой, смоченной в керосине. После этого ящики протирают досуха ветошью. Проверяют также наличие в ящике всех отъемных частей, легкость их установки и надежность крепления отдельных частей ящика. При этом зазоры между отдельными частями ящика должны быть не более 0,5 мм для металлических ящиков и 1,0—1,5 мм для деревянных. У стержневых ящиков, предназначенных для изготовления стержней на машинах и поточно-механизированных линиях, особенно внимательно контролируют крепление ящика к плите машины или к транспортной плите. У разъемных ящиков, применяемых для изготовления стержней на пескодувных машинах, проверяют плотность и надежность соединения половин ящика, следят за чистотой вент и вдувных отверстий, а в случае применения нагреваемой оснастки дополнительно проверяют исправность системы нагрева ящика, равномерность нагрева его половин и контролируют заданную температуру рабочей поверхности ящика. Нанесение разделительных покрытий. После проверки и подготовки ящика его рабочую поверхность покрывают разделительными составами, чтобы предотвратить прилипаемость смеси к поверхности стержневого ящика и облегчить выем из него стержня. Некоторые составы разделительных смазок и припылов приводились. Уплотнение смеси. Необходимая прочность стержней достигается уплотнением смеси в стержневом ящике. Чем больше уплотняющее смесь усилие, тем выше прочность стержней в сыром состоянии. Однако увеличение прочности стержней в процессе уплотнения имеет определенный предел. Степень уплотнения смеси характеризуется ее плотностью, т. е. массой 1 см³ смеси в граммах. Насыпная масса стержневой смеси составляет 0,9—1,1 г/см³, а после уплотнения — 1,45—1,65 г/см³. Особенное значение степень уплотнения стержней приобретает при использовании традиционных технологических процессов изготовления стержней. В этом случае прочность стержней в сыром состоянии должна быть достаточной для того, чтобы при транспортировке и сушке стержни не деформировались и не разрушались. Кроме того, при недостаточном и неравномерном уплотнении снижается прочность стержня или его отдельных мест, в стержнях образуются пористые, рыхлые, с повышенной осыпаемостью участки, в результате чего ухудшается качество поверхности отливки, образуются механический пригар и

песчаные раковины. Неравномерность уплотнения стержня может привести также к их растрескиванию во время сушки в результате возникающих при этом термических напряжений. С другой стороны, нельзя переуплотнять стержни, так как в этом случае могут значительно уменьшиться податливость стержней и их газопроницаемость, что повышает опасность появления горячих трещин и газовых раковин в отливках. Поэтому операция уплотнения смеси требует от стерженщика ручной формовки высокой квалификации и знания особенностей технологических процессов изготовления стержней и отливок. Уплотнение стержневой смеси в ящиках производят вручную, вибрацией, встряхиванием, прессованием, пескометным, пескодувным и другими способами. Ручное уплотнение стержней. Уплотнение смеси производят плоской ручной трамбовкой, клиновидной набойкой, пневматической трамбовкой с плоским или клиновидным наконечником, ладонью. Стержневую смесь насыпают в ящик с избытком (рис. 30, а), разравнивают и уплотняют (рис. 30, б), после чего верхний слой уплотненной смеси срезают линейкой и заглаживают гладилкой (рис. 30, в). Ящики, имеющие малую высоту, уплотняют, как правило, за один прием. Ящики большой высоты уплотняют в несколько приемов (послойно). Поверхность уплотненного слоя перед на

Тема: Изготовление стержней на машинах

При машинном изготовлении стержней механизированы наиболее трудоемкие операции: уплотнение смеси, поворот стержневого ящика и извлечение стержня. При машинном изготовлении стержней улучшается их качество, повышается производительность и облегчаются условия труда. Для изготовления стержней применяют различные типы машин, наиболее часто — пескодувные и пескострельные, встряхивающие, прессовые, пескометы. Мелкие стержни постоянного поперечного сечения (круглого, прямоугольного и т. д.) в массовом производстве изготавливают на мундштучных машинах. Стержни на них получают без стержневых ящиков выдавливанием стержневой смеси шнеком или поршнем через сменный мундштук, форма и размеры которого определяют конфигурацию и размеры стержня. Для изготовления фасонных мелких, несложных по конфигурации стержней в массовом производстве применяют прессовые машины, на которых стержни прессуют в разъемных металлических стержневых ящиках, верхняя половина которых часто используется как прессовая плита. Средние и крупные стержни простой конфигурации формуют обычно на встряхивающих машинах (специальных стержневых или формовочных) с перекидным и поворотным столом. Стержни изготавливают в открытых неразъемных ящиках с последующим до-уплотнением верхних слоев.

Крупные стержни в условиях серийного производства изготавливают также с помощью пескометов различного типа.

Для изготовления мелких и средних стержней любой сложности широко применяют пескодувные и пескострельные машины. Эти машины отличаются очень высокой производительностью, на их базе разработаны конструкции машин-автоматов для изготовления стержней. На пескодувных и пескострельных машинах изготавливают стержни из смесей, требующих тепловой сушки, отверждаемых химически (например, углекислым газом в холодной оснастке, либо в горячей оснастке). Для заполнения стержневого ящика смесью и уплотнения ее на пескодувных и пескострельных машинах используют энергию сжатого воздуха, давление которого составляет 570—770 кПа. При пескодувном процессе сжатый воздух, поступая в резервуар 3 пескодувной машины, наполненный стержневой смесью, давит на нее и увлекает смесь через вдувные отверстия 2 плиты 5 в стержневой ящик 6, уплотняя ее силой воздушного потока. Для выхода воздуха из ящика служат специальные щелевые или сетчатые отверстия — венты 1, выполняемые в стенках стержневого ящика (нижняя вентиляция) или в наружном днище 5 резервуара 3 (верхняя вентиляция). При верхней вентиляции установка вент в стержневом

ящике отпадает, что удешевляет его изготовление. Для разрыхления смеси и направления ее к вдувным отверстиям 2 служит механическая мешалка 4. Стержневой ящик прижимается к плите 5 столом 7.

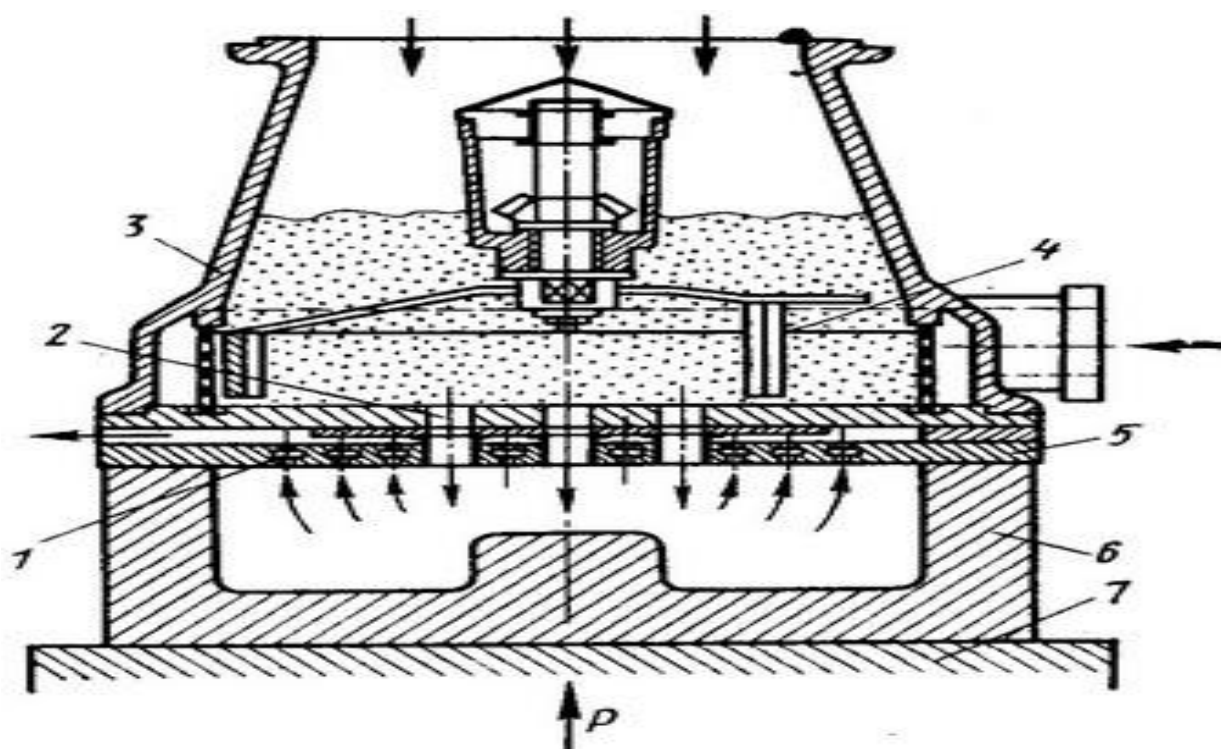


Рисунок 65. Схема пескодувного процесса:

1 — венты, 2 — вдувные отверстия, 3 — резервуар, 4 — механическая мешалка, 5 — наружное днище резервуара (плита), 6 — стержневой ящик, 7 — прижимной стол

Недостатком пескодувного способа изготовления стержней является большой расход воздуха, сравнительно слабое уплотнение крупных стержней и необходимость применения стержневых смесей с низкой прочностью во влажном состоянии, что создает опасность повреждения стержней при извлечении и транспортировании.

Более экономичными и совершенными являются пескострельные машины.

Пескострельный процесс, являясь разновидностью пескодувного, отличается тем, что истечение стержневой смеси происходит мгновенно, напоминая выстрел. Рабочий резервуар 3 выполнен в одном блоке с ресивером 8, обеспечивающим мгновенную подачу в него больших порций сжатого воздуха через вдувной клапан 7. Из рабочего резервуара сжатый воздух поступает в гильзу 2, наполненную стержневой смесью, через вертикальные 1 и горизонтальные 6 щелевидные отверстия, расположенные в ее стенках, и отделяет смесь от стенок. Давление в ней мгновенно повышается, и воздух выталкивает столб смеси через коническую насадку 9 в стержневой ящик 12, который заполняется ею

за десятые доли секунды. При пескострельном процессе по сравнению с пескодувным обеспечивается повышенное и более равномерное уплотнение смеси по высоте стержневого ящика и меньшее абразивное воздействие на его стенки. Небольшое количество воздуха, попадающего в полость ящика, отводится через венты 11.

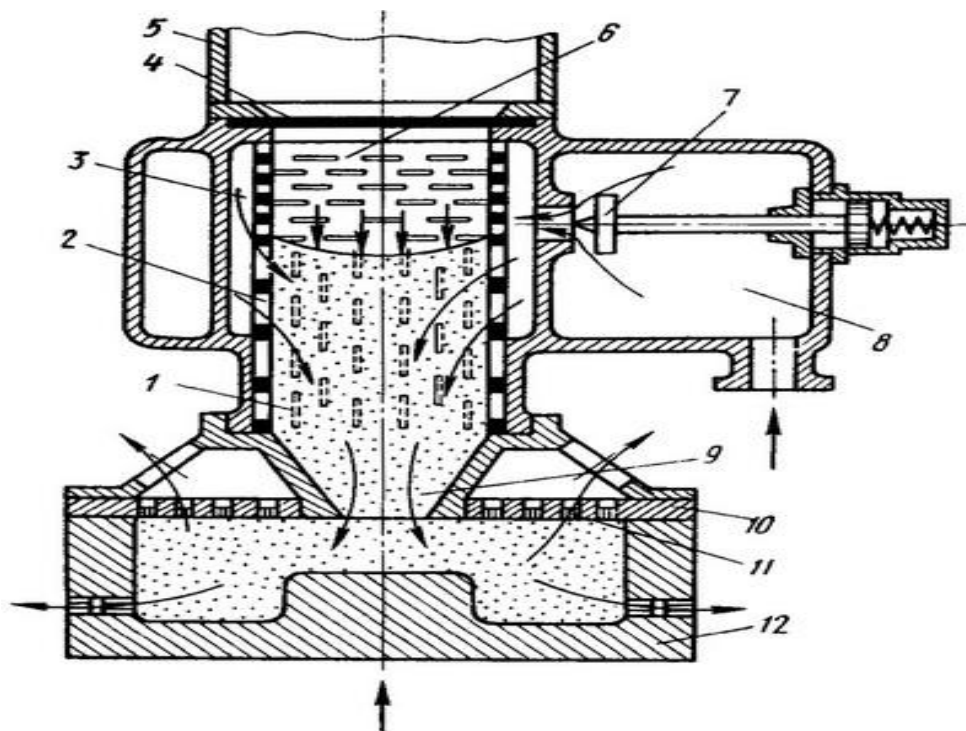


Рисунок 66. Схема пескострельного процесса:

1, 6 — вертикальные и горизонтальные разрезы, 2 — гильза, 3 — рабочий резервуар, 4 — шибер, 5 — бункер со смесью, 7 — вдувной клапан, 8 — ресивер, 9 — коническая насадка, 10 — вдувная плита, 11 — венты, 12 — стержневой ящик

Для изготовления стержней различной конфигурации пескострельные машины снабжаются сменными насадками 9. Производительность машин составляет 250—300 стержней в час,

На полуавтоматической пескострельной стержневой машине (рис. 4.31) изготавливают стержни массой до 6 кг в ящиках с горизонтальным или вертикальным разъемом. На рабочий стол машины 1 под насадкой 10 резервуара 3 устанавливают стержневой ящик 2 и зажимают его пневматическими зажимами 11. Мембрана 12 поджимает ящик к резервуару. При открытом шибере 4 смесь из лотка 6 через воронку 5 поступает в рабочий резервуар машины. Пространство между гильзой 9 и стенкой резервуара заполнено сжатым воздухом.

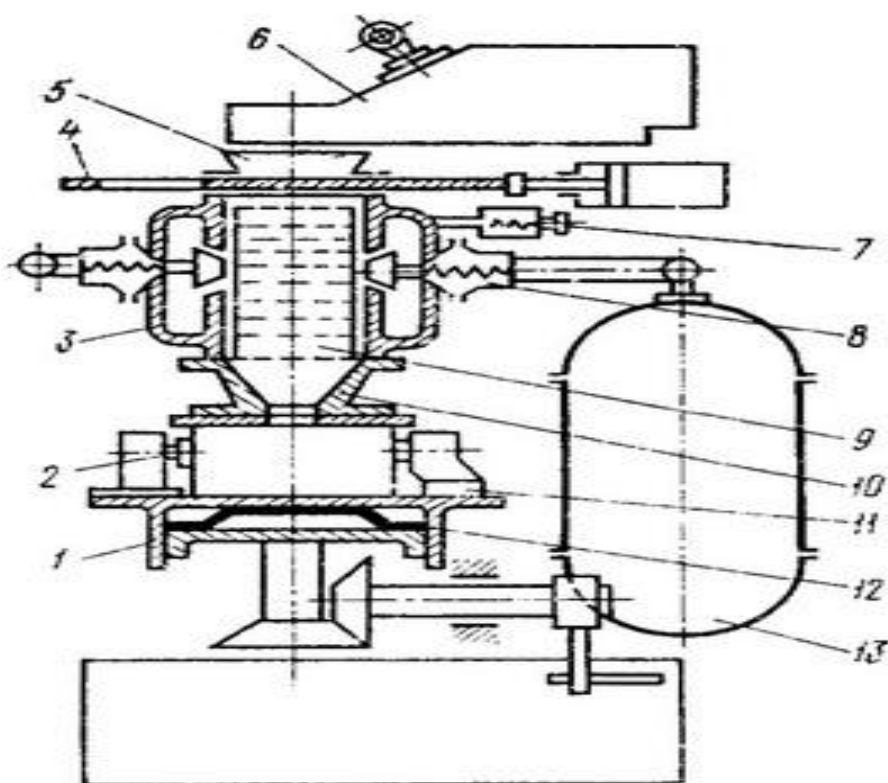


Рисунок 67. Полуавтоматическая пескострельная стержневая машина:

1 — стол, 2 — стержневой ящик, 3 — резервуар, 4 — шибер, 5 — воронка, 6 — лоток, 7, 8 — клапаны, 9 — гильза, 10 — коническая насадка, 11 — пневмозажимы, 12 — мембрана, 13 — ресивер

В момент надува открываются клапаны 8 и сжатый воздух из ресивера 13 выстреливает смесь через гильзу 9 и коническую насадку 10 в стержневой ящик. После заполнения ящика смесью клапаны 8 закрываются, а воздух из резервуара сбрасывается через выхлопной клапан 7. Затем стол машины 1 отпускается, пневматические зажимы разжимаются, освобождая стержневой ящик, а шибер 4 перемещается, закрывая поступление стержневой смеси. Изготовление стержней на пескодувных машинах в нагреваемых ящиках заключается в том, что стержневая смесь с быстротвердеющим связующим вдувается на пескодувной машине в предварительно нагретый стержневой ящик, температура которого в зависимости от состава связующего равна 220—280°C. Под действием теплоты стержневого ящика связующее нагревается и затвердевает в течение 15—60 с. Получаемые стержни обладают высокой прочностью, позволяющей исключить применение каркасов, не нуждаются в дополнительной сушке, имеют высокую размерную точность, чистую поверхность, хорошую газопроницаемость (даже без выполнения в них специальных вентиляционных каналов), легкой выбиваемостью из отливок.

Процесс высокопроизводителен, легко поддается полной автоматизации. Однако при этом

усложняется конструкция стержневых ящиков и увеличивается их стоимость, требуется использование более мощной вентиляции для удаления газообразных веществ, выделяющихся при отверждении стержней. Кроме того, применяемые синтетические смолы дороги и дефицитны.

Для изготовления стержней, отверждаемых в нагреваемой оснастке, применяют одно- и многопозиционные полуавтоматические и автоматические машины. Помимо карусельных многопозиционных автоматов используют установки челночного типа, в которых одна позиция уплотнения сочетается с двумя позициями для отверждения стержня и разъема стержневого ящика. Это достигается использованием передвижных пескоструйных или пескострельных головок, перемещающихся с позиции загрузки смеси на рабочую позицию надува, и наоборот. Работа автомата осуществляется в такой последовательности: а — сборка нагретого стержневого ящика 1, перемещение распаривающего устройства 3 и устройства нагрева 2 влево; б — переход пескострельной головки 4 на рабочую позицию, подъем и спаривание стержневого ящика, опускание пескострельной головки и надув стержневой смеси; в — подъем пескострельной головки; г — перемещение нагревательного и распаривающего устройства в рабочее положение; д — перемещение головки на позицию загрузки смеси, отверждение стержня, раскрытие ящика; е — выталкивание стержня и съем его с машины специальным устройством.

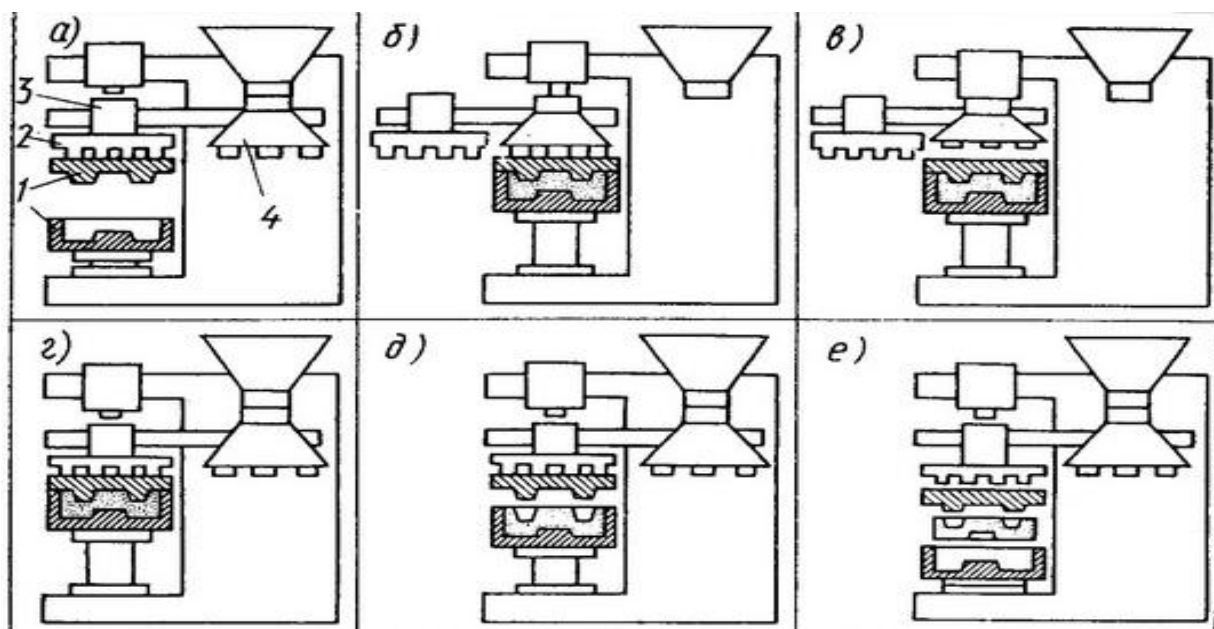


Рисунок 68- Схема работы автоматической стержневой пескострельной машины для изготовления стержней по нагреваемым ящикам:

1 — стержневой ящик, 2 — устройство нагрева, 3 — распаривающее устройство, 4 — пескострельная головка.

Машина выполняет также операцию очистки рабочей поверхности стержневого ящика и нанесения на него разделительного покрытия для уменьшения прилипаемости стержней и облегчения их извлечения. В качестве разделительного состава применяют раствор термостойкого кремнийорганического каучука СКТ в уайт-спирите.

Изготовление стержней из холоднотвердеющих смесей заключается в том, что стержневая смесь на основе синтетических смол в качестве связующих в присутствии катализаторов затвердевает в стержневом ящике при комнатной температуре. Для изготовления холоднотвердеющих смесей (ХТС) используют составы, указанные в гл. 3. Наряду с достоинствами, характерными для способа изготовления стержней в горячих ящиках, ХТС-процесс имеет некоторые преимущества перед ним — отсутствие нагревательных устройств, упрощение оборудования и оснастки, улучшение условий труда. Так как процесс отверждения стержней из ХТС происходит при комнатной температуре, для него используют не только металлические, но и пластмассовые, а также деревянные стержневые ящики. Процесс затвердевания связующих ускоряется при подогреве ящиков до 30—35°C. В связи с малой живучестью ХТС их готовят непосредственно перед использованием на участке изготовления стержней. Применяют смесители как периодического, так и непрерывного действия, например смеситель, с автоматической дозировкой компонентов. Компоненты смеси перемешиваются в течение 15—20 с, и готовая смесь подается в стержневой ящик. Уплотнение смеси в стержневых ящиках производят на вибростолах, встряхивающих и пескодувных машинах. Продолжительность полного затвердевания смеси (30—60 мин) зависит от ее состава, температуры исходных компонентов, стержневого ящика и окружающей среды. Стержень выдерживают в ящике 2—15 мин до приобретения им достаточной прочности, затем его извлекают из ящика и дальнейшее окончательное отверждение его происходит на воздухе.

В условиях крупносерийного и массового производства изготовление стержней производят на полуавтоматических одно-, двух- и восьмипозиционных пескодувных машинах, имеющих встроенные лопастные смесители периодического действия.

К недостаткам процесса относятся высокая стоимость связующих и выделение при их отверждении токсичных веществ, вызывающее необходимость в установке мощной вентиляционной системы.

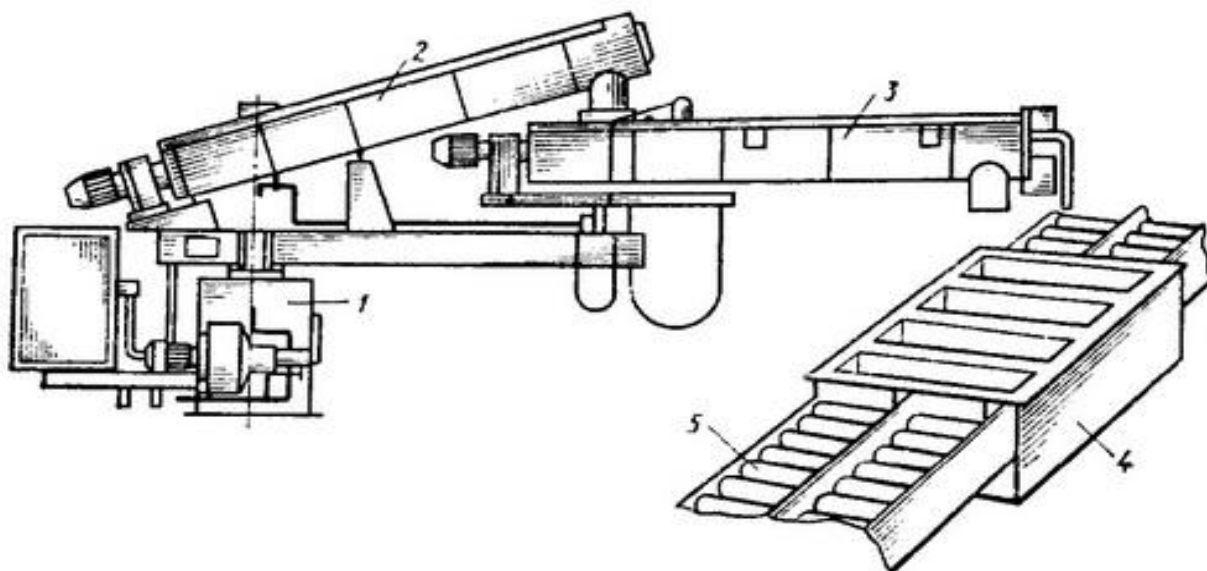


Рисунок 69. Смеситель непрерывного действия АМД-15 для приготовления быстротвердеющих смесей:

1 — основание, 2 — смесительный шнек, 3 — поворотный шнековый конвейер. 4 — вибрационная решетка, 5 — рольганговый конвейер

Тема : Отделка, сборка, контроль, приемка и хранение стержней

Цель контроля литейной технологии. Контроль ставит своей целью предупреждение выпуска негодной продукции и уменьшение количества брака. В условиях работы литейных цехов приняты следующие определения годности отливок: абсолютно годные; ограниченно годные, в этом случае предусматриваются единичные отливки, габаритные, сложные по конструкции и дорогие по металлу; исправимый брак, сюда относятся отливки с дефектами, которые технически возможно и экономически целесообразно исправить без снижения их прочности; окончательный брак.

Контроль литья предусматривает проверку исходных металлических и неметаллических материалов, технологического процесса изготовления литья и проверку качества отливок.

Контроль бывает профилактический и исполнительный. Профилактический, или предупредительный, контроль предусматривает проверку качества исходных материалов, производственных инструментов и приспособлений (модели, стержневые ящики), приготовления стержневых и формовочных смесей и др. Исполнительный контроль ставит своей целью проверку качества готовых отливок.

Контроль производится на контрольных участках, обеспеченных средствами контроля: контрольно-измерительными инструментами, приспособлениями, лабораториями, специальными испытательными гидро- и пневмоустановками и др. Он базируется на ГОСТах, технических условиях, чертежах изделий и отливок, а также на технологических картах изготовления отливок.

Общими методами контроля литейного производства являются:

- разметка, служащая для проверки размеров отливок, и контрольно-измерительный инструмент: калибры, скобы, шаблоны и др. (особенно при серийном производстве отливок);
- внешний осмотр, позволяющий выявить недоливы, трещины, коробление и другие дефекты отливок. Такой метод контроля является наиболее распространенным и применимым как для индивидуального, так и массового производства отливок;
- лабораторные испытания, которыми определяют химический состав и физико-химические свойства отливок.

Контроль литейного производства выполняется производственными

мастерами, лаборантами, технологами, мастерами-контролерами отдела технического контроля и др.

Контроль исходных формовочных материалов. Исходными материалами литейного производства называются материалы, применяемые при изготовлении отливок. Исходные материалы делятся на основные и вспомогательные.

К основным материалам относятся пески и глины формовочные, связующие материалы, шихтовые материалы.

Вспомогательными материалами являются краски, припылы, противопригарные примеси, ремонтные глины и др. Проверка качества кварцевого песка осуществляется по ГОСТ 2138-91. Проверка качества связующих материалов производится по их техническим показателям в соответствии с ГОСТ.

Элементами проверки качества противопригарных красок являются

плотность, отсутствие расслаивания перемешанной краски в течение 5-7 ч, отсутствие стекания, подтеков и намывов на вертикальной поверхности. На стандартном цилиндрическом стержне, подсушенном при 200-220 °С, краска, наложенная ровным тонким слоем, покрывает прочно стержень, не отслаивается и не пачкает рук.

Контроль ремонтных составов для исправления стержней производится путем проверки их прочности.

Контроль формовочного инструмента. Организация контроля формовочных и стержневых инструментов и приспособлений зависит от характера и масштаба производства. В соответствии с этим ниже приводятся материалы по контролю формовочных инструментов и приспособлений при машинной формовке по-сырую (крупносерийное производство) и стержневого инструмента и приспособлений в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

При таком характере производства контроль инструментов и приспособлений, применяемых для изготовления крупных литейных форм и стержней, осуществляется путем осмотра и проверки целостности, сохранности их и пригонки отъемных частей, знаков в моделях и ящиках и др.

Контроль формовочного и стержневого инструмента, а также приспособлений при крупносерийном производстве заключается в проверке класса точности изготовления по чертежу для каждого инструмента и приспособления и допустимого предельного износа.

При достижении инструментом или приспособлением допустимого предельного износа их направляют в ремонт. Проверка качества и сроки контроля формовочных и стержневых инструментов и приспособлений .

В результате многократной заливки металла опоки подвергаются короблению.

Коробление опок проявляется в их «качке» и искривлении ушков со спаренными втулками. Практически наибольшая величина качки допускается в 0,2 мм на длину опоки размером 500 мм. «Провалы» опоки на длине в

100 мм разрешаются до величины, равной двойному короблению.

Контроль коробления опоки 1 производится на рихтовочной плите 3 щупом 2

Контроль втулок опоки осуществляется путем проверки размеров их диаметра. Втулки изготавливают по наружному диаметру не ниже

3-го класса точности с допуском и по внутреннему – не ниже 4-го класса точности.

Модельные плиты. На плитах крепят модели, знаки и литниковые сис-

темы. Проверка их крепления и физического состояния производится путем наружного осмотра. Тщательному контролю в отношении физического состояния и крепления подвергают контрольные шпильки. Неудовлетворительное их физическое состояние (погнутость) или ослабление крепления приводит к сдвигу модели. Элементы модельной плиты проверяют по установочным рискам или шаблонам. Геометрические элементы плиты (оси, горизонтальность и др.) проверяются на разметочной плите. Износ моделей для обычных отливок допускается в пределах 0,4 мм, а для точных и мелких отливок – 0,05 мм. Смещение модели относительно центра установочной шпильки не должно быть выше 0,1 мм. Тщательному контролю подвергают также размеры модельных знаков. Коробление плиты возможно до 0,3 мм. Впадины на плите, получающиеся при установке опок, ее должны превышать

1 мм. Важным в контроле является проверка нормального зазора по знаку стержня.

Практически такой зазор принимается равным 0,3 мм на сторону. На модельной плите возможно неплотное крепление моделей, литниковых систем и др. Такие зазоры могут привести к заусенцам. В этом случае необходимо неплотно сидящие элементы модельной плиты зачеканить и зачистить.

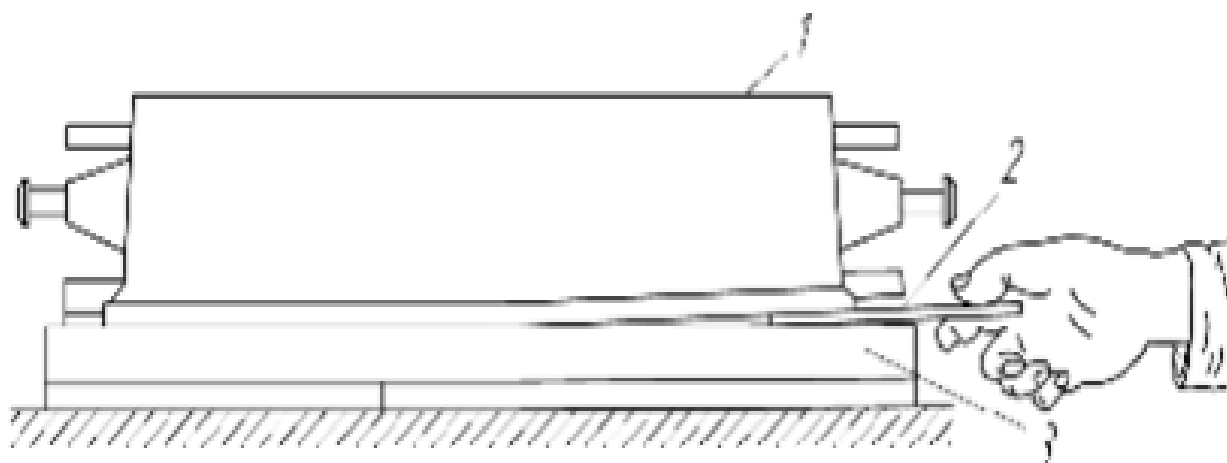


Рисунок 70. Контроль опоки на коробление

Контроль установочных шпилек заключается в проверке вертикального положения на плите и их размеров. Вертикальное положение шпилек контролируется придвинутым вплотную к шпильке угольником. В случае зазора между угольником и установочной шпилькой, вызванного искривлением шпильки, ее нужно заменить новой. Возможно, что зазор (просвет) и при новой шпильке сохранится. Тогда необходимо проверить отверстие для шпильки. Смещение центра шпильки вдоль оси допускается в пределах 0,3 мм. Контроль шпилек по износу в диаметре производится предельной скобой или штангенциркулем. Износ шпилек в диаметре допускается в пределах 0,25 мм.

Подопочные плиты изменяют свою форму, коробятся в результате работы. Особенно сильно коробятся сварные стальные плиты, меньше – алюминиевые. Коробление подопочной плиты приводит к выпиранию литейной формы по плоскости разъема.

Коробление подопочной плиты находится в пределах 1 мм. Контроль подопочных плит производится линейкой, соответствующей длине плиты. При спаривании опок (сборка) большое значение имеют сборочные шлифованные штыри. Проверка размеров, состояния шлифовки и изменения формы (искривление) является элементом контроля. Просвет между втулкой и штырем находится в пределах 0,5-0,6 мм на каждую сторону. Проверка коробления сборочного штыря производится щупом на плите. Допускаемое искривление штыря по его длине находится в пределах 0,1 мм. Износ штыря по диаметру допускается в 0,3 мм, размер диаметра проверяется предельной скобой или штангенциркулем.

Сборка является последней технологической операцией изготовления литейной формы. При выполнении этой операции широко применяют контрольные сборочные шаблоны.

Допускаемое отклонение в размерах при изготовлении контрольных сборочных шаблонов находится в пределах $\pm 0,1$ мм. Износ шаблонов допускается до 0,3 мм.

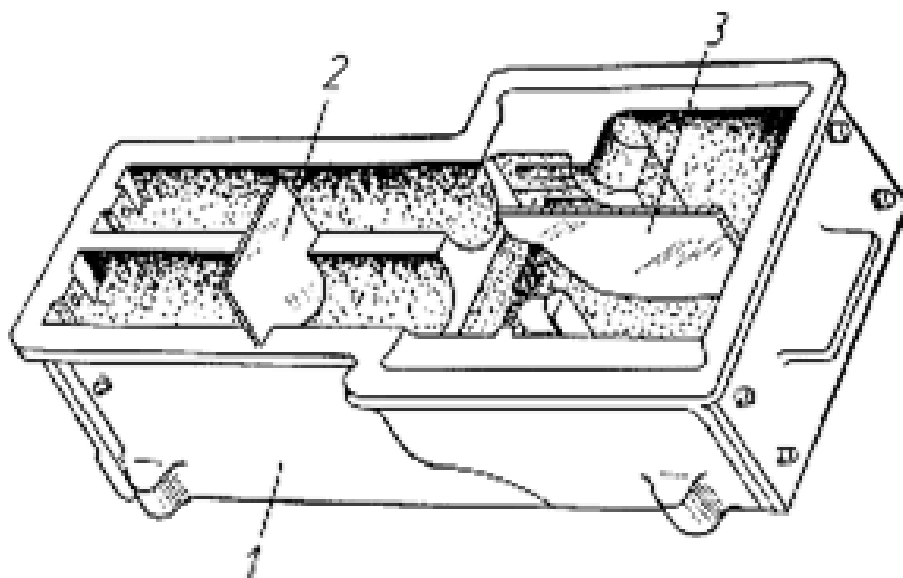
Горизонтальная плоскость опоры шаблона в работе может коробиться в пределах 0,2 мм. Контроль коробления производится обходом периметра шаблона щупом. Оси, плоскости и др. проверяются на разметочной плите.

Контроль стержневых ящиков в массовом производстве осуществляется путем предупредительного осмотра, выборочной проверки основных размеров и сплошной проверкой стержневого ящика.

Предупредительным осмотром проверяется наличие всех отъемных частей, состояние плоскости разъема втулок, штырей и др., отсутствие выбоин и заусенцев. Такая проверка стержневого ящика производится ежедневно. Выборочная проверка основных размеров стержневого ящика производится на рабочем месте с применением скоб или шаблонов. Износ основных размеров ящика допускается в пределах 0,2-0,3 мм. Выборочную проверку основных размеров стержневого ящика целесообразно проводить одновременно с контролем размеров стержня, особенно по плоскости разъема. Зазор по плоскости разъема при изготовлении стержней на пескодувных машинах находится в пределах 0,1-0,15 мм. Размер зазора проверяется мерным щупом. Зазор (или люфт) между штырями и втулками находится в пределах 0,3-0,4 мм на диаметр. Люфт на обе стороны в гнездах отъемных частей недопустим свыше 0,5 мм. Местный износ стержневого ящика особенно часто проявляется в его знаках, через которые набиваются стержни. В этом случае соответствующими предельными калибрами или шаблонами следует производить ежедневную проверку размеров знака одновременно с внешним осмотром стержней.

Сплошная проверка стержневого ящика производится на разметочной плите ежемесячно. В условиях изготовления литейной формы модельные знаки уменьшаются в размерах, а знаки в стержневых ящиках увеличиваются. Поэтому необходимо подвергать тщательному контролю модельные и стержневые знаки, так как нарушение их размеров может привести к неправильной посадке стержня, к искажению отливки. Стержни сушатся на драйерах и сушильных плитах. Поэтому устройство драйера должно обеспечить полную поддержку во всю длину и по всей поверхности стержня, чтобы предупредить его поломку или изменение формы. При пользовании драйером предусматривается качественное состояние опорных поверхностей, отсутствие короб-

ления и монтаж драйера на шпильки стержневого ящика. Величина корабельного драйера и сушильной плиты под стержень колеблется в пределах 0,3-0,4 мм. Проверяется драйер на плите путем наложения его на эталон и обвода щупом зазора между плоскостью соприкосновения драйера с поверочной плитой. Пригар на опорной поверхности драйера не допускается.



Рисункок 71. Проверка стержневого ящика шаблонами:

1 – стержневой ящик; 2, 3 – шаблоны

Стержни для тонкостенных отливок изготавливают с припуском. Такие стержни после сушки доводят до заданных размеров в специальных приспособлениях, называемых кондукторами. При зачистке стержней применяется съемная арматура кондуктора, которая при доводке стержня изменяет свои размеры. Колебание в размерах нового или отремонтированного кондуктора находится в пределах $\pm 0,1$ мм, а износ кондуктора не должен превышать 0,3 мм. Кондуктор подвергается общему или выборочному контролю по основным размерам. Выборочная проверка производится на рабочем месте обычным измерительным или контрольным инструментом. Общая проверка основных размеров кондуктора выполняется периодически на разметочной плите. Кондукторы, применяемые для склеивания стержней по половинкам или составным частям, контролируются таким же способом, как и кондукторы для доводки. Для проверки перекоса стержня при склеивании в кондукторе имеется специальный ограничительный упор, который должен находиться всегда в хорошем состоянии. Для доводки стержней применяют фрезы, у которых быстро снашиваются горизонтальные режущие кромки. Величина колебания размеров новой фрезы находится в пределах 0,3 мм, износ фрезы допускается до 0,3 мм;

изменение формы фрезы проверяется щупом. Стержневые ящики и другие приспособления, применяемые при изготовлении стержней, должны быть в исправности. Однако это не исключает появления в стержнях неточностей размеров и искажения формы вследствие сушки, транспортировки и др. Для контроля и приемки стержней применяют калибры, скобы и шаблоны, изготовленные по 2-му классу точности; предельный износ контрольного инструмента не должен превышать двойного допуска, принятого при его изготовлении.

Контроль качества литья. Внешние недостатки, обнаруживаемые на поверхности отливок. К таким недостаткам относятся заметные искажения конфигурации отливки, неправильные размеры и неудовлетворительная по- верхность. В литейном производстве изготавливают отливки по 1, 2 и 3-му классам точности, соответственно массовому, серийному и индивидуальному производству. Для измерения и контроля отливок применяют линейки метал- лические (метр), рулетки, штангенциркули, штангенглубиномеры, микромет- ры и индикаторы часового типа. Неудовлетворительная поверхность отливки такая, на которой есть выступы или неровности. Качество поверхности про- веряется обычно приборами, соприкасающимися с отливками (щупы), или реже путем разреза.

Контроль стержней.

Таблица 18 -Элементы контроля при изготовлении, браковке и хранении стержней

Этап изготовления	Контроль
Формовка стержней	Состояние ящика Качество смеси Сборка ящика Качество набивки Укладка каркаса и выполнение вентиляции Транспортировка
Сушка стержней	Состояние сушильных плит Подбор стержней Температура и длительность сушки Качество сушки
Сборка и отделка стержней	Состояние инструментов и приспособлений Качество сборки и отделки
Браковка стержней	Качество стержней Виновники брака
Хранение стержней	Условия хранения Система хранения

Сборка ящика в разъеме должна быть плотной. Выполнение этого требования обязательно для получения набивки требуемой плотности и чистой поверхности стержня, а в целых стержнях также и для обеспечения их размеров. Контроль сводится к наружному осмотру. Уплотнение стержней контролируют, как и при изготовлении форм, наблюдая за выполнением установленных технологических приемов работы. При работе на пневматических машинах встряхивание начинают только после наполнения смесью ящика на $\frac{3}{4}$ его высоты, и производить уплотнение установленным количеством ударов в зависимости от давления воздуха. При изготовлении стержней на прессовых машинах следует проверять дозировку формовочной смеси и выдерживать прессование до тех пор, пока стол машины не закончит хода. Контроль изготовления стержней на пескодувных машинах заключается в проверке давления воздуха в сети, состояния узлов воздушного питания в машине – клапанов, сопел, чистоты каналов и отверстий в ящике для выхода излишнего воздуха путем набивки пробного стержня. Строгое соответствие стержневой смеси проверяют по показателям ее сырой прочности, нормальный предел которой не должен превышать 0,005-0,010 МПа, а для отдельных несложных стержней – 0,015 МПа. При проверке установки каркасов для стержней контролю подлежат форма и конструкция каркаса, диаметр и сорт проволоки или толщина полос рамки и т.д. При проверке набивки стержней вручную необходимо соблюдать все правила формовки в отношении порядка набивки, равномерности ее, крепления слабых мест. Качество набивки контролируют на отсутствие так называемых недоуплотненных, заметных по участкам неровностей или рваной поверхности стержня и на плотность набивки, в особенности по знакам. Недоуплотнение может привести к искажению поверхности отливки. Недостаточно плотная набивка стержня может послужить причиной образования на нем трещин, оседания при сушке, искривления, поломок. Слишком плотная набивка часто вызывает всплеск и образование газовых раковин вследствие пониженной газопроницаемости стержня. Особо тщательно проверяют устройство и состояние вентиляции стержней независимо от способов их изготовления. Далее рекомендуется перейти к проверке качества сушки стержней, требующей обязательной выдержки определенного температурного режима и установленной продолжительности нагрева. Недосушенные стержни могут вызвать кипение формы и образование в отливке газовых раковин и всплесков, а пересушенные легко осыпаются и могут послужить причиной образования песчаных раковин в отливке. Режим сушки контролируется по температуре и продолжительности процесса сушки. Температура сушки, указываемая обязательно для каждого класса стержней,

контролируется любым имеющимся прибором. Важным является контроль качества сушки. Качество сушки проверяется по количеству остаточной влаги, исследуемой на нескольких стержнях, взятых на выборку. Допустимый процент влаги устанавливают в каждом частном случае опытным путем. В мелких и средних стержнях крупносерийного производства он может достигать до 0,2 %. Обычный 100-процентный контроль сушки производят по чисто внешним признакам: цвету и звуку стержня. Хорошо высушенный стержень должен иметь темно-коричневую окраску разной интенсивности, в зависимости от рода и количества связующего, и при простукивании ногтем издавать чистый и ясный звук. Недосушенные стержни имеют бледно-желтый цвет и издают глухой звук. При испытании на ощупь чувствуется влага или маслянистость, особенно заметные на торце или в изломе. Контроль сборки и отделки стержней является очень важной операцией. Контроль сборки выражается в обязательном прохождении через приспособления для зачистки или контрольные скобы каждого элемента стержня, поступающего в сборку (половинки, вставные части), а также окончательно собранного стержня. Отделка состоит из заделки полумок, замазки швов, зачистки заусенцев, натирки или окраски стержней и окончательной подсушки. Все эти операции выполняют строго по технологической карте. Заделка должна обеспечивать требуемый контур стержня; во избежание местного вспаха отливки место заделки необходимо подвергать повторной сушке. Замазка швов должна быть настолько тщательной, чтобы не допустить прорыва в них металла. Все заусенцы зачищают во избежание оставления на отливках швов, действующих как надрез и ослабляющих отливку. Натирку стержня или его окраску надо наносить равномерным и тонким слоем без наплывов и пропусков, после чего стержень должен быть снова подсушен. Контроль заливки формы производится по определению температуры заливаемого металла и технике заливки. В технику заливки входит: высота заливки, постоянство струи, заполнение литниковой системы и очистка шлака. Температуру заливки металла проверяют непосредственно над опокой, независимо от проверки ее на желобе печи. Контроль выбивки выражается в соблюдении технических условий по каждой группе отливок. При выполнении контроля технологического процесса и качества литья необходимо пользоваться стандартами.

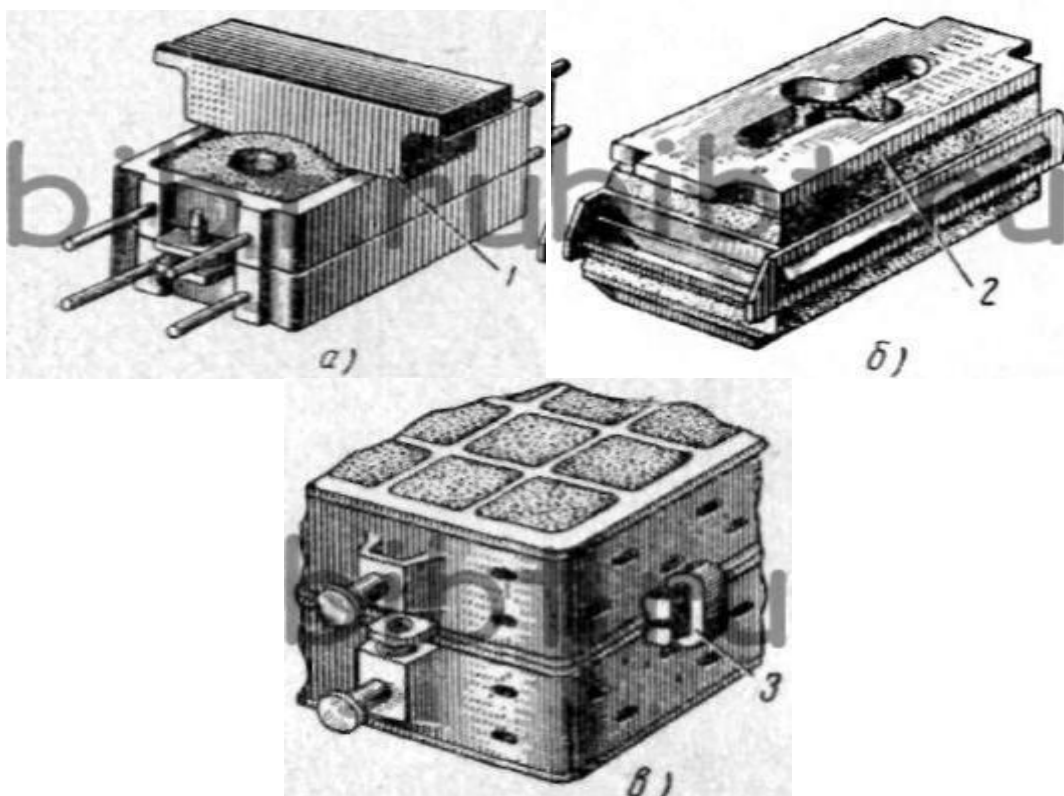
Тема: Сборка форм

Сборка формы является ответственным процессом, требующим внимания и аккуратности. Сборка включает операции: подготовки полуформ и стержней, установки стержней (обычно в нижнюю полуформу), контроля положения стержней, накрытия нижней полуформы верхней, установки выпорных и литниковых чаш, скрепления полуформ или их нагружения. Полуформы и стержни, поступившие на сборку, тщательно осматривают; к сборке не допускаются стержни и полуформы, имеющие какие-либо повреждения или дефекты. Перед сборкой полость формы продувают сжатым воздухом, для того чтобы удалить из нее частицы смеси или инородные тела. Стержни устанавливают в форму в последовательности, указанной на сборочном чертеже или в технологической карте. При этом необходимо следить за тем, чтобы знаки стержней точно становились в отпечатки знаков модели. Если знак стержня почему-либо не подходит к своему гнезду в форме, то подгонка его опиливанием не допускается. Только в исключительных случаях, в условиях единичного или мелкосерийного производства, допускается подгонка знаков стержня по специальным контрольным шаблонам. Положение каждого стержня относительно формы и других стержней проверяют контрольными шаблонами, а в поточно-массовом производстве - кондукторами. Размеры тела отливки, образованные стержнями и формой или только стержнями, проверяют толщиномерами. В условиях единичного производства при сборке сложных форм используют контрольное перекрытие формы, если толщину тела отливки образуемую формой и стержнями, нельзя проверить контрольным или измерительным инструментом. Перед контрольным перекрытием на поверхность формы или стержней в необходимых местах устанавливают куски глины - "мушки". Затем делают контрольное перекрытие формы, в процессе которого куски глины сжимаются до толщины просвета между формой и стержнем, что должно соответствовать толщине тела отливки. После раскрытия формы "мушки" вынимают, измеряют их толщину и таким образом определяют возможную толщину стенки отливки. Обычно стержни устанавливают в нижнюю полуформу на знаках, однако иногда, в условиях единичного производства, стержень крепят в верхней полуформе. Эта операция должна быть выполнена особенно тщательно, так как недостаточно надежное крепление стержня может привести к отрыву его от формы при сборке, поломке формы и стержня и даже к несчастным случаям. В отдельных случаях для большей устойчивости стержня в форме при ее заливке металлом стержень устанавливают на жеребейки - жесткие металлические опоры. Высота жеребейки соответствует толщине тела отливки. Сплав для изготовления жеребейки обычно выбирают в соответствии с заливаемым в форму сплавом. При литье чугуна или стали жеребейки изготавливают из белой

жести, низкоуглеродистой стали. Поверхность жеребеек должна быть чистой, без следов ржавчины, влаги и масла. При подготовке жеребейки пескоструят, часто окрашивают алюминиевой краской, иногда лудят. Чистые жеребейки хорошо свариваются с основным металлом отливки и не вызывают образования раковин или других несплошностей. Однако для отливок, работающих под давлением жидкости или газа, применять жеребейки нежелательно, а иногда недопустимо.

Тема : Крепление полуформ и расчет груза

При заполнении литейной формы расплавом на верхнюю полуформу действуют подъемные силы металлостатического напора расплава и всплывания стержней. Металлостатический напор возникает в результате разности уровней расплава в форме. Чтобы избежать ухода расплава по разъему формы, полуформы или скрепляют между собой, или на верхнюю полуформу накладывают груз. Собранные формы на плацу крепят на сборочных площадках и здесь же заливают их расплавом. При конвейерном изготовлении сборка и крепление форм выполняется на тележке конвейера или отрезке рольганга. В этом случае по фронту конвейера между площадками изготовления и заливки, форм выделяются специальные рабочие места. Полуформы для мелкого литья обычно скрепляют между собой накладыванием груза 1 и 2. Возможность быстрой установки и снятия груза делает этот метод крепления наиболее производительным, а простота выполнения позволяет механизировать и автоматизировать эту операцию. Крупные формы не всегда возможно скреплять грузами, так как для этого требуется слишком большой вес груза. Установка и снятие таких грузов - трудоемкая операция, поэтому опоки средних и крупных форм не нагружают, а скрепляют между собой. Существует много способов крепления форм, их выбор зависит от размеров форм, конструкции опок и организации производства.



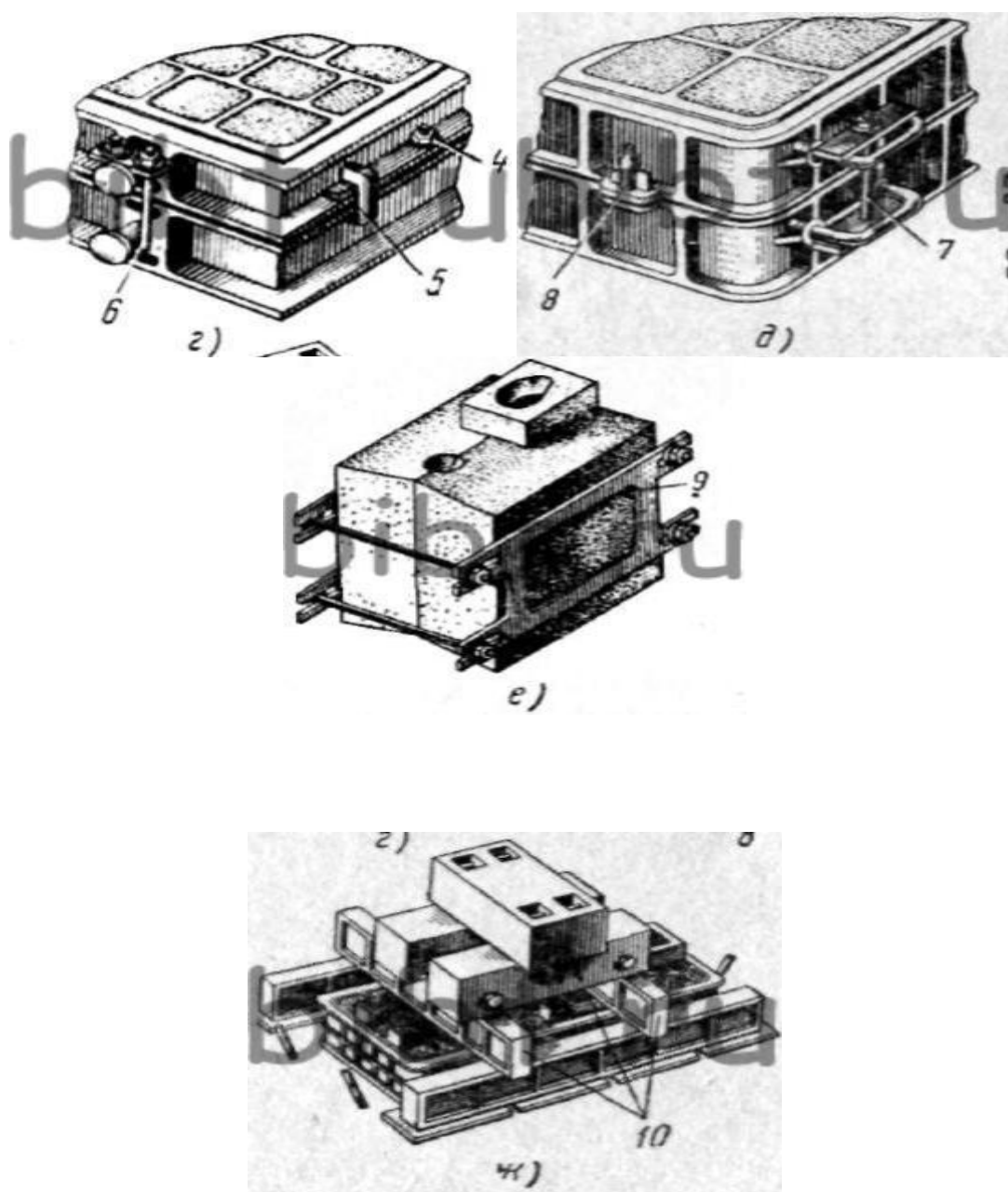


Рисунок 72. Способы крепления полуформ.

Способ крепления средних форм при помощи клиновой скобы 3. Скоба, насаженная на наклонные приливы опок (клеммы), скрепляет их. В зависимости от величины силы металлостатического напора форма может скрепляться двумя и четырьмя скобами. Более крупные формы крепят болтами 4, 7, скобами 5 с клином и хомутами 6, перекидываемыми через цапфы опок. Болты вставляют в отверстия в бортах опок, на них навинчивают гайки, которые затягивают до плотного скрепления опок между собой. Крепление полуформ при помощи скобы и клиньев выполняется так: на борт опоки накидывают скобу и в зазор между скобой и бортом верхней опоки забивают клин. Крепление полуформ при помощи штыря 8, вставляемого в приливы опок. В паз штыря, выступающего над плоскостью приливов

верхней опоки, забивается затягивающий клин. Способ крепления формы под вертикальную заливку планками 9. При сборке закрытых почвенных форм верхнюю опоку крепят грузами 10. Для предотвращения поднятия верхней полуформы металлом их форму скрепляют. Крепеж может осуществляться разными способами (скобами, болтами, цепями, грузом и т.д.) Для данной формы мы выбираем крепление грузом, который можно рассчитать несколькими способами, но смысл заключается в определении силы всплытия стержня и силы поднятия формы металлом, а также веса стержня и верхней полуформы.

$$F_{вс} = (1,3-1,4)(P_{ст} + P_{ф}) \quad (20)$$

где $P_{ст}$ - силы всплывания стержня

$P_{ф}$ - сила подъема полуформы металлом

$F_{вс}$ - сила подъема верхней полуформы

$$P_{ст} = G - g \quad (21)$$

где G - вес металла, вытесненного стержнем

g - вес стержня

$$P_{ф} = HdF \quad (22)$$

где H - высота металла в чаше

d - плотность металла

F - площадь формы по разъему

Минимальную толщину необрабатываемых стенок отливки определяют по диаграмме в зависимости от габаритного размера.

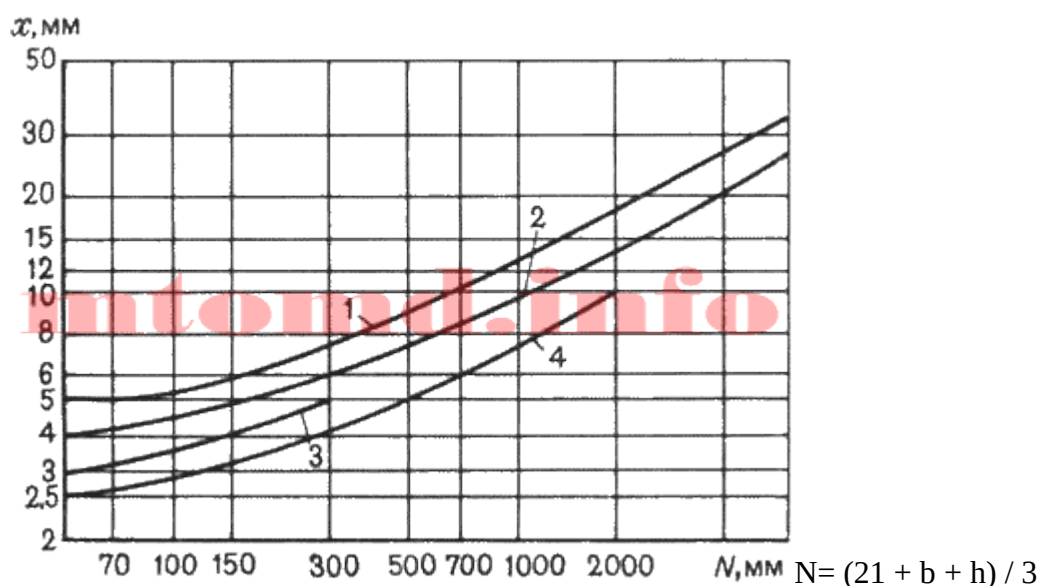


Рисунок 73 — Диаграмма для определения минимальной толщины стенок отливок из различных сплавов

1 – сталь; 2 – серый чугун; 3 – бронза; 4 – алюминиевые сплавы

Толщина внутренних стенок и ребер принимается на 20 % меньше толщины наружных стенок. Получение отливок без усадочных дефектов достигается при равномерной толщине стенок, т.е. если отсутствуют термические узлы – большое скопление металла в отдельных местах. Равномерность толщины стенки и скопление металла определяют диаметром вписанных окружностей. Современные машины и механизмы предъявляют повышенные требования как к эксплуатационным характеристикам, так и к точности изготовления деталей. Все эти требования относятся и к отливкам как заготовкам деталей. Повышение точности отливок снижает массу и соответственно объем работы металлообрабатывающих станков, что является требованием современности, направленным на энерго- и ресурсосбережение. В современных условиях автоматизированного производства деталей из отливок, когда их размеры при механической обработке получают «автоматически» на предварительно настроенных станках, большое значение имеют размерная точность отливок, а также назначенные литейные уклоны и припуски на механическую обработку. При большом разбросе

размеров обрабатываемого элемента отливки (т. е. недостаточной размерной точности) и неоправданно завышенных литейных уклонах могут возникать значительные колебания размеров готовой детали, что является следствием закона «копирования» или значительных упругих деформаций системы станокдеталь при автоматизированной механической обработке отливки. Это подтверждает необходимость обратить особое внимание вопросам назначения параметров точности и припусков на механическую обработку при конструировании отливки. В современной учебной и технической литературе имеется достаточно много материала по нормам точности отливок и назначению припусков на механическую обработку. Однако данная тематика разобщена, многие положения и методики расчетов, приведенные в литературе, устарели и не соответствуют требованиям действующих стандартов, технических условий и т.

п. Настоящее учебное пособие рассматривает действующие руководящие и нормативные положения и требования к конструированию отливок во взаимосвязи с требованиями к точности их изготовления и выбору значений припусков на механическую обработку. Большое внимание в учебном пособии уделено методике выбора и назначения параметров и норм точности при конструировании отливок, а также методике расчета и назначения припусков на механическую обработку с учетом соотношения норм точности детали и отливки. Учебное пособие содержит достаточный справочный материал, позволяющий произвести выбор и назначение оптимальных норм точности и припусков на механическую обработку в зависимости от вида окончательной механической обработки, степени точности станочного парка и выбранного способа литья, что необходимо при разработке конструкции отливки. Точность изготовления отливок. Особенности изготовления отливок как заготовок деталей Основными заготовками служат: прокат, поковка, штамповка, сварное изделие, отливка и т. п. Деталь, изготовленная из отливки, называется литой деталью. Следует отметить, что каждый тип заготовок имеет свою технологию изготовления с присущими только им определенными достоинствами и недостатками. Например, поковки, штамповки и прокат имеют более высокие механические свойства, чем отливки, так как технология их изготовления включает, как минимум, два металлургических передела: - изготовление заготовки (болвана) заливкой жидкого сплава в специальные формы; - пластическая деформация заготовок (болванов) в горячем или холодном состоянии под действием сжимающих нагрузок (давления или ударных нагрузок). Использование пластической деформации под нагрузкой устраняет многие литейные пороки в структуре сплава заготовки, что повышает механические свойства данных заготовок. Но, с другой стороны, штамповки, поковки и прокат почти

невозможно получить из хрупких сплавов, что ограничивает их применение. Литье позволяет обеспечить наибольшую степень приближения геометрических форм заготовки (отливки) и детали. Это одно из главных преимуществ литья. Только литьем можно изготовить сложные по конфигурации заготовки с высоким КИМ. Литьем получают заготовки практически из любого сплава массой от нескольких граммов до сотен тонн и размерами до десятков метров. Иногда деталь можно изготовить только литьем (сложную по конфигурации, больших габаритов, из сплава с высокой твердостью и т. п.). Этим объясняется широкое распространение литья в различных отраслях производства. Экономичность изготовления деталей из различных заготовок можно оценить коэффициентом использования металла (КИМ) и трудоемкостью изготовления (чел.-час/т). КИМ определяют как отношение массы готовой детали (M_d) к массе исходного сплава, используемого для изготовления заготовки (M_m). Средние значения КИМ у поковок и штамповок находятся в пределах – 0,42–0,43, а у отливок и сварных заготовок значительно выше – 0,53–0,55. Трудоемкость изготовления отливок в большинстве случаев наименьшая – 120; у сварных заготовок – 130; у штамповок – 194; у поковок – 245. Главной особенностью изготовления литых деталей является то, что все их свойства (физические, химические, механические и др.) формируются только при одном металлургическом переделе – при заливке жидкого сплава в литейную форму и его кристаллизации в ней. Только термическая обработка отливок в какой-то мере улучшает их механические свойства. Формирование отливки в литейной форме происходит при фазовых превращениях сплава в процессе его охлаждения. Фазовые превращения сопровождаются усадочными явлениями, перекристаллизацией, ликвацией, возникновением внутренних напряжений, газовыделением и пр. Все эти металлургические явления способствуют образованию различных литейных дефектов, которые в значительной степени снижают свойства отливки и соответственно литой детали. Большое влияние на формирование тех или иных свойств отливки оказывают: - сложность самой ее конструкции, ее габаритные размеры, значение ее массы, толщина стенок ее конструктивных элементов и пр. (сложнее литая деталь – сложнее литейная форма – увеличение вероятности образования дефектов);

- способ литья и правильность выбора литниково-питающей системы;
- качество материала литейной формы, ее прочность, газотворность, газопроницаемость, податливость, стойкость к химическому взаимодействию с расплавом и пр.;

- скорость охлаждения отливки в форме, правильность выбора направленности ее кристаллизации (применение принудительного охлаждения, холодильников, подогрева и пр.);
- качество литейного сплава, его литейные свойства;
- правильность выбора способа, температуры и скорости заливки сплава в литейную форму.

Другими словами, технология изготовления отливки в значительной мере формирует и определяет ее качество, а значит, и качество литой детали. Несовершенство конструирования литой детали и неправильность выбора способа литья ведут к образованию значительных припусков на механическую обработку. Это вызывает создание излишнего станочного парка, инструментария, технологической оснастки, производственных площадей и пр. Причем все это направлено на перевод металла в стружку. Также известно, что при литье поверхностный слой отливки имеет более мелкозернистую структуру повышенной твердости, а механической обработкой этот слой снимается. Чем больше предусмотрен припуск на механическую обработку, тем больше снимается упрочненный поверхностный слой. Именно здесь большие резервы повышения эффективности производства и решения таких его задач, как обеспечение качества отливок и снижение до минимума значений припуска на механическую обработку. Для решения этих задач применяют новые литейные сплавы с повышенными механическими и литейными свойствами, внедряют современные, более качественные технологические процессы изготовления литейных форм и т. п. Однако без обеспечения технологичности конструкции литой детали наиболее полно решить вопросы качества, повышения КИМ и снижения затрат на изготовление практически невозможно.

Основные факторы, определяющие точность изготовления отливок. Специфической особенностью изготовления отливок является сложность процессов формирования их конфигурации и размеров. В простейшем случае точность отливки определяется точностью выполнения таких технологических операций, как изготовление модели и стержневого ящика, изготовление литейной формы и стержня, сборка формы, плавка сплава, заливка сплава в форму, затвердевание и охлаждение отливки в форме, выбивка и термообработка отливки. Количественным критерием точности является погрешность, представляющая собой разность между действительным и нормируемым значениями параметров отливки:

$$\Delta = ПД - ПН, \quad (23)$$

где Δ – погрешность значения параметра отливки (размера, массы и т. п.);

ПД – действительное значение параметра отливки, полученное измерением с определенной погрешностью;

ПН – нормативное (требуемое) значение параметра, указанное на чертеже отливки (номинальные размер, масса и т. п.).

Погрешности, в общем случае, делятся на систематические и случайные. Под систематической погрешностью понимается такая погрешность, которая имеет постоянное значение для всей рассматриваемой партии отливок (например, из-за увеличения размера модели). Под случайной погрешностью понимается такая погрешность, которая является непостоянной как по величине, так и по знаку. Случайные погрешности возникают вследствие одновременного действия большого количества не зависящих друг от друга факторов (например, случайная погрешность размера от деформации модели, колебания значения усадки металла, колебания температуры заливаемых форм и т. п.).

Следует отметить, что факторы, влияющие, например, на разброс размеров отливки, отличаются от факторов, вызывающих рассеивание размеров деталей при их обработке резанием. Многие факторы, вызывающие погрешности отливок, предопределены не на стадии их изготовления, а на более раннем этапе подготовки производства, например, при проектировании и изготовлении литейной оснастки. Влиять на данные факторы с целью регулирования погрешности на стадии изготовления отливок уже невозможно. Для уменьшения погрешностей, зависящих от данных факторов, необходимо более грамотно подходить к стадиям подготовки производства (проектирования, изготовления оснастки и т. д.). При обработке резанием влияние любого из факторов, вызывающих рассеивание, может регулироваться непосредственно в процессе изготовления деталей (подбор соответствующего оборудования, вида и геометрии режущих инструментов, режимов резания и т. п.). Для обеспечения более жестких требований к точности отливок необходимо установление определенных норм точности на все основные средства литейного производства – материалы, литейную оснастку, литейное оборудование и т. д. При этом основными факторами, влияющими на точность изготовления отливки, являются:

- точность изготовления литейной формы и стержней;
- размеры зазоров между разъемными частями литейной формы (прессформы);
- износ литейной оснастки (модельного комплекта, кокиля, прессформы и т. д.);
- взаимное смещение разъемных частей литейной формы;
- колебание расчетной усадки при формировании отливки в форме.

Многочисленность факторов, влияющих на точность, показывает, что в процессе изготовления отливок любым способом литья всегда возникают погрешности значений всех

их параметров, т. е. возникновение погрешностей – явление вполне закономерное. Но не всякая погрешность является допустимой. Допустимая погрешность называется допуском. Любые элементы литейной формы, оформляющие отливку, проходят стадию изготовления и соответственно должны иметь какой-то допуск отклонения размеров (Δf), а размеры отливок, как минимум, должны иметь разброс на величину поля допуска изготовления литейной формы (Δf).

В процессе производства отливок обязательно происходит износ модельного комплекта, пресс-форм, кокилей и т. д., что также вызывает отклонения размеров отливки (Δi).

Зазоры в подвижных частях литейной формы вызывают разброс размеров отливки (Δz). Чем больше подвижных частей, тем больше разброс размеров (Δz).

Любой разъем формы или модели приводит к смещению различных частей относительно друг друга, что вызывает отклонение размеров отливки (Δc).

Практика показывает, что усадка одного и того же конструктивного элемента отливок, залитых в одну и ту же форму сплавом одного состава, имеет различное значение, т. е. присутствует разброс в значениях усадки (Δy). Размер этой погрешности зависит:

- от способа литья и применяемых материалов для изготовления литейных форм;
- от характера конструктивных элементов отливки;
- от литейных свойств сплава;
- от колебаний температуры формы и жидкого сплава перед заливкой, а также скорости охлаждения отливки в форме и времени ее извлечения.

Все факторы, вызывающие погрешности в изготовлении отливки, тесно связаны со способом литья. Способ литья в той или иной мере определяет значимость данных факторов и, соответственно, значение погрешностей изготовления. Поэтому определяющим фактором размерной точности и точности поверхности является способ литья. Для каждого способа литья характерен ряд факторов, влияющих на размерную точность отливок. Например, при литье в металлические формы (литье под давлением, в кокиль и т. д.) на точность отливок наибольшее влияние оказывают точность изготовления форм и стержневых ящиков, постоянство толщины защитных покрытий рабочих поверхностей форм, число разъемов формы и плотность сопряжения ее отдельных частей, температура формы при заливке, постоянство усадки сплава и др. На точность изготовления отливок в песчаных формах главным образом влияют точность изготовления модельной и стержневой оснастки, а также способ изготовления формы: на машинах, вручную, сырая или сухая форма и т. д. При литье в оболочковые формы точность размеров отливок зависит от точности изготовления модельной оснастки, способов крепления полуформ при сборке и заливке форм (в жакетах с

опорным материалом или без него) и т. д. При литье по выплавляемым моделям точность размеров отливок зависит от материала пресс-формы и точности ее изготовления, модельного состава, состава керамического покрытия, способа формовки оболочек перед заливкой и некоторых других факторов.

С возрастанием сложности и габаритных размеров точность отливок уменьшается, так как уменьшаются точность изготовления литейных форм и литейной оснастки, а также стабильность температурных режимов при затвердевании и остывании отливки.

В табл. 2 приведены значения точности чугунных отливок в условных баллах в зависимости от габаритных размеров и сложности при их изготовлении литьем в песчаные одногнездовые формы.

Наивысшую точность имеют небольшие отливки простой геометрической формы; наименьшая точность присуща сложным отливкам с большими габаритными размерами. В этом случае погрешности увеличиваются более чем в три раза по сравнению с простыми и мелкими отливками. Если в одной форме изготавливается несколько отливок, то точность каждой из них снижается. Для оценки точности таких отливок можно принять, что габаритный размер каждой из них равен суммарному габаритному размеру всех отливок, изготавливаемых в одной форме.

Нормирование точности изготовления отливок

Необходимость нормирования точности

Под точностью отливки понимают степень соответствия ее геометрических и массовых параметров тем параметрам, которые заданы на ее изготовление при конструировании.

С точки зрения конструкции отливки определенная точность ее изготовления необходима:

- в первую очередь для обеспечения функционального назначения литой детали, выполненной из данной отливки;
- во вторую очередь для снижения затрат (материальных, энергетических и трудовых) на обработку при изготовлении из нее детали.

Другими словами, точность отливки должна назначаться и иметь граничные значения.

С точки зрения технологии изготовления отливки, ее точность – это фактически полученная точность. Ее значения в той или иной мере зависят от назначенной технологии изготовления. Поэтому при разработке технологии необходимо добиваться того, чтобы фактическая точность при изготовлении отливки достигала назначенной точности.

Повышение точности изготовления отливок является важным мероприятием по снижению трудоемкости, энергоемкости и материалоемкости изготовления литой детали. Точность изготовления отливки можно оценить коэффициентом использования металла заготовки

(КИМЗ), который определяют как отношение массы готовой детали (МД) к массе отливки (МО):

$$\text{КИМЗ} = \text{МД} / \text{МО}$$

Наибольший эффект повышения точности, когда КИМЗ стремится к единице, т. е. для изготовления детали отливка подвергается только зачистной операции или обработка резанием сведена до минимума. В настоящее время на снятие стружки при механической обработке может затрачиваться до 20 % массы отливки, т. е. припуск на механическую обработку является одной из характеристик точности отливки, точнее сказать является мерой точности отливки. Необрабатываемые конструктивные элементы отливки обязаны иметь точность, которая указана на эти элементы в чертеже литой детали. Здесь следует отметить, что некоторые способы литья обеспечивают достаточно высокие чистоту поверхности и размерную точность отливок. Так, способы литья под давлением, по выплавляемым моделям, в кокиль позволяют получать отливки с размерной точностью, соответствующей 12–15 квалитетам, и чистотой поверхности, соответствующей Ra 6,3 – Ra 3,2. Точность отливки необходима для определения оптимальных операций обработки ее резанием, особенно на автоматизированных обрабатывающих комплексах. Значительное колебание размеров отливки приводит к бесконечным переналадкам или поломке обрабатывающего инструмента. Точность отливки необходима для нормирования объемов механической обработки и назначения обоснованных припусков на механическую обработку. Только четкое соизмерение точности отливки с точностью литой детали позволяет произвести обоснованное назначение припусков (здесь следует отметить, что допуск на отклонение размеров или формы отливки является составляющей величиной припуска, увеличивая или уменьшая его).

Точность отливки необходима для обеспечения надежности работы литых деталей, особенно тех, которые имеют значительные скорости и ускорения при движении (соизмерение точности массы и сил инерции, прочностных свойств поверхностного слоя стенки и припуска на механическую обработку). Повышение точности массы отливок позволяет экономить металл при их изготовлении, снизить массу машин и обеспечить их однородность по массе, а также увеличить прочность, надежность и экономичность машин в работе. Требования по точности массы устанавливаются в зависимости от назначения отливок и определяются допустимыми верхними отклонениями массы. Высокие требования по точности массы (3 %) предъявляются к таким деталям машин, как маховики и шкивы; средние (3–6 %) – к деталям машин, предназначенным для движения

(автомобили, вагоны) низкие (6 % и более) – к деталям машин, устанавливаемым неподвижно (станины станков).

Параметры точности отливок

В целом точность оценивается двумя характеристиками: геометрической и массовой точностями. Геометрическая точность характеризуется такими параметрами, как размерная точность, чистота поверхности, точность формы и расположения поверхностей и т. д. Массовая точность характеризуется количественным показателем, в основном погрешностью массы относительно расчетного значения. ГОСТ 26646–85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку» определяет четыре параметра точности отливок. Это размерная точность, точность формы и расположения поверхностей, точность поверхности и точность массы. Для нормирования требуемых уровней точности отливок устанавливаются классы и степени точности:

- для размерной точности установлено 22 класса размерной точности (1; 2; 3 т; 3; 4; 5 т; 5; 6; 7 т; 7; 8; 9 т; 9; 10; 11 т; 11; 12; 13 т; 13 т; 13; 14; 15; 16);
- для точности формы и расположения поверхностей установлено 11 степеней коробления (от 1 до 11);
- для точности поверхности установлено 22 степени точности поверхности (от 1 до 22);
- для точности массы установлено 22 класса точности массы (совпадают с классами размерной точности). Чем выше численное значение класса или степени точности, тем ниже точность отливки по перечисленным выше четырем параметрам точности. Размерную точность и точность массы технолог-литейщик при конструировании отливок обязан назначать всегда. ГОСТ 26646–85 разрешает не нормировать точность формы отливки и чистоту ее поверхности.

Классы и степени точности нормируются определенными значениями отклонений (допусков), к ним относятся:

- допуск на отклонение размера конструктивного элемента отливки;
- допуск на отклонение формы и расположения поверхности (допуск коробления);
- допуск на отклонение размеров неровностей поверхности отливок;
- допуск на отклонение массы отливки от ее номинальной массы.

Допуск на отклонение размера (ДР) конструктивного элемента определяет собой разность между допустимыми наибольшим и наименьшим значениями его размеров во всей серии изготовленных отливок данной конструкции .

$$D_p = L_{\max} - L_{\min}$$

Определенный класс размерной точности ограничивает допуск на отклонение размеров каким-то определенным значением. К размерной точности относится также допуск смещения по разъему формы или стержня относительно его номинального расположения. Допуск смещения по разъему формы (ДСМ) – это разность предельно допустимых отклонений размеров какого-либо конструктивного элемента отливки, формирующегося в разных полуформах.

$$ДСМ = \delta_{\max} - \delta_{\min}$$

Допуск на отклонение формы и расположения поверхности (ДК) – это разность между предельно допустимыми отклонениями положения элемента отливки относительно базы.

Разброс отклонений формы элементов отливки обусловлен: во-первых, неточностью изготовления литейной формы; во-вторых – термической обработкой отливки.

Каждое значение степени коробления ограничивает допуск на отклонение формы каким то определенным значением. Допуск на отклонение размеров неровностей поверхности (Дп) – это разность между допустимыми максимальными отклонениями микронеровностей поверхности от номинальной поверхности на фиксированной длине .

$$D_p = (+\delta_{\max}) - (-\delta_{\min})$$

Как правило, за фиксированную длину поверхности выбирают длину всей проверяемой поверхности. Определенному значению степени точности поверхности соответствует вполне определенное значение допуска на отклонение микронеровностей. Допуск на отклонение массы отливки – это разность между допустимыми максимальным и минимальным отклонениями массы отливок данной конструкции при изготовлении всей их серии. Допуск массы выражают в процентах от номинальной (расчетной) массы отливки.

Технологические базы отливок

При определении размерных цепей литой детали и отливки, а также норм (допусков) размерной и иной их точности необходимо иметь точку размерного отсчета (базу). Поскольку данные точки отсчета оказывают определяющее влияние на правильность назначения норм точности и, самое главное, на точность изготовления детали или отливки, то к их назначению предъявляются определенные требования. Под термином «база» подразумевается совокупность поверхностей, линий или точек, обеспечивающих требуемое взаимное расположение конструктивных элементов и поверхностей детали или отливки. Базы разнообразны по своему назначению, но по комплексам схожих признаков их можно объединить в четыре группы: конструкторские, измерительные, сборочные и

технологические (установочные). Конструкторские базы служат для четкой ориентировки всех конструктивных элементов детали относительно друг друга с определенными нормами точности исходя из функционального назначения детали. От конструкторских баз начинаются размерные цепи детали и назначаются допуски на отклонения размеров и формы ее конструктивных элементов. Измерительные базы служат для отсчета размеров при измерении конструктивных элементов детали или отливки на этапе их изготовления или контроля. Назначение измерительных баз на отливках необходимо также для разметки и изготовления оснастки. Именно от этих баз производятся все измерения при изготовлении и контроле параметров точности моделей, стержневых ящиков, пресс-форм, кокилей и другой литейной оснастки. Правильность выбора измерительных баз оказывает существенное влияние на точность изготовления литейных форм и стержней, что, в конечном итоге, определяет точность изготовления отливок. В данном случае самый лучший вариант назначения измерительных баз – это их совмещение с конструкторскими базами. Однако технологические процессы изготовления отливки (в том числе моделей, оснастки, литейных форм и т. п.) и ее последующей механической обработки часто не позволяют сделать данное совмещение. Поэтому от квалификации инженера-литейщика зависит как точность назначения измерительных баз, так и точность изготовления отливки. Сборочная база детали определяет фактическую ее ориентацию с другими деталями изделия. Несомненно, что наилучшим вариантом будет совмещение сборочных, измерительных и конструкторских баз детали, так как в данном случае обеспечивается наибольшая точность сборки изделия. Технологические (установочные) базы служат для ориентировки обрабатываемых поверхностей отливки на какой-то операции механической обработки. Технологические базы, назначаемые для механической обработки отливок, можно подразделить на первичные (черновые) и вторичные. Первичная (черновая) технологическая (установочная) база отливки есть совокупность базовых поверхностей, линий или точек, которые используются для первой установки отливки при ее механической обработке. Именно относительно первичных технологических баз на первой операции механической обработки обрабатываются те поверхности отливки, которые при дальнейших операциях обработки используются как базовые. Данные базы называются вторичными технологическими базами отливки. Выбор первичных технологических баз отливки оказывает значительное влияние на точность изготовления литой детали в результате механической обработки, а также на выбор операций обработки и их количества. Выбор первичных технологических баз зависит как от особенностей технологического процесса изготовления отливки (какой способ литья, каким образом формируются поверхности

отливки и т. д.), так и от сложности и последовательности механической обработки отливки. Очень сложные отливки подвергаются большому количеству операций механической обработки, но от литых поверхностей их производится не более 2–3. Места расположения технологических баз на отливках должны быть согласованы со следующими параметрами литейной технологии и технологическим процессом механической обработки:

- расположением разъемов формы, стержней и отъемных частей модельной оснастки;
- величиной припусков на механическую обработку;
- расположением и размерами формовочных уклонов;
- местами расположения питателей и прибылей;
- приспособлениями для контроля отливок;
- технологическим процессом, типом приспособлений и конструкцией зажимов при механической обработке.

Уже на стадии конструирования отливок необходимо учитывать определенные требования, предъявляемые к технологическим базам, исходя из параметров технологии изготовления, перечисленных выше. К этим требованиям можно отнести следующие:

При литейно-технологической проработке конструкции отливки:

- базовые места должны выполняться той полуформой, в которой устанавливается основная часть стержней;
- линии разъема форм и стержней не должны пересекать базовые плоскости;
- на вертикальных базовых плоскостях должны быть минимальные формовочные уклоны;
- базовые места должны располагаться на отливке так, что их при необходимости можно легко контролировать и механически обрабатывать непосредственно в литейном цехе;
- на базовых поверхностях следы от выталкивателей и вентиляционных пробок должны быть только утопленные в тело отливки.

При технологической проработке конструкции отливки на этапе ее механической обработки:

- базовые места должны располагаться вблизи основных обрабатываемых частей отливки;
- места зажима и фиксации детали на линии не должны попадать на обрабатываемые поверхности, но должны находиться в пределах базовых мест.

Для обеспечения точности ориентировки и надежности закрепления отливки в приспособлении обрабатывающего станка технологические базы должны иметь достаточные размеры, максимально возможную точность и чистоту поверхности (особенно постоянство взаимного расположения с другими поверхностями отливки).

При выборе технологических баз на отливках, изготавливаемых в песчаных формах, следует учитывать, что внутренние поверхности отливок, получаемые от стержней, имеют более чистую и гладкую поверхность. Наружные поверхности, расположенные в верхних частях формы, получаются более точными. В качестве технологических баз не рекомендуется использовать поверхности с пригаром и неровностями от прибылей, участки отливок в местах разъема формы и стержней и расположения питателей литниковой системы. Технологические базы отливок должны быть чистыми без заусенцев, желательно без уклонов. В тех случаях, когда поверхности отливки не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к технологическим базам, т. е. по своим размерам, формам или расположению не могут обеспечить ее установку в приспособлениях станка, в конструкции отливки предусматривают искусственные технологические базы (центровые отверстия, пластики, выточки и т. д.). Эти искусственные технологические базы служат для установки отливки на первых операциях механической обработки. Затем их убирают на последующих операциях обработки.

В массовом и серийном производстве технологические базы обычно выбираются совместно технологами-механиками и технологами-литейщиками. Обозначение на чертежах отливок первичных технологических баз можно производить схематичным изображением применяемых опор, оправок и других установочных устройств согласно ГОСТ 3.1107–81. В табл. 3 представлены рекомендуемые примеры обозначения на чертеже отливки ее технологических баз.

Механическая обработка сложных отливок может производиться от двух, трех и более первичных технологических баз. В этом случае на чертеже отливки возле условного обозначения технологических баз необходимо проставлять их порядковый номер римской цифрой. Причем порядок установки должен находиться во взаимосвязи с последовательностью первичных операций механической обработки отливки.

Нанесение установочных баз на чертежах отливок, даже очень сложных, не снижает ясности чертежа и не составляет особых трудностей. Обозначение в чертежах отливок серийного и массового производства установочных баз с отображением конструктивных особенностей опор приспособлений для механической обработки следует считать целесообразным, так как это обеспечивает рациональную литейную технологию и позволяет:

- правильно размечать и обмерять пробные отливки;
- правильно контролировать отливки, не допускать искажения поверхностей в местах установочных баз, что исключает брак в механических цехах по таким видам, как смещение.

В единичном производстве для разметочных работ применяются операционные карты, в которых обязательно указываются базовые поверхности, от которых следует исходить при разметке. Кроме операционных карт, разметка может производиться по чертежу, в котором целесообразно указывать базовые поверхности для основных осевых установок. Проверку размерной точности отливки можно вести от технологических баз. При этом отливку устанавливают на обрабатывающем станке, используя ее технологические базы, т. е. имитируется операция первичной обработки отливки. Непосредственно на станке производятся измерения действительных размеров отливки и их сравнение с допустимыми отклонениями согласно назначенному на отливку классу размерной точности. Основные принципы и методика классификации отливок. Для выбора и разработки оптимального технологического процесса изготовления отливок, определения и назначения норм точности, оценки затрат материалов, энергии, трудозатрат и т. п. необходимо произвести классификацию отливки по сложности конструкции, массе, габаритам и т. д. Рассмотрим основные принципы классификации отливок в литейном производстве.

В литейном производстве отливки классифицируют исходя из следующих характерных признаков (присущих всем отливкам):

- применяемого сплава для их изготовления;
- условий применения литых деталей и требований, предъявляемых к ним;
- массы, габаритов и условий термического воздействия;
- конструктивно-технологической сложности изготовления отливок.

Классификация по типу сплава, массе и термическому воздействию

По типу сплава отливки классифицируются исходя из названия литейного сплава и его плотности. Отливки из чугуна должны соответствовать общим техническим условиям согласно ГОСТ 26358–94. В зависимости от структуры графита в чугуне, химического состава и структуры металлической основы они подразделяются на:

- отливки из чугуна с пластичным графитом (ЧПГ) – ГОСТ 1412–85;
- отливки из чугуна с шаровидным графитом, высокопрочного (ВЧШГ) – ГОСТ 7293–85;
- отливки из чугуна с вермикулярным графитом (ЧВГ) – ГОСТ 28394–83;
- отливки из ковкого чугуна с хлопьевидным графитом (КЧ) – ГОСТ 1215–79;
- отливки из антифрикционного чугуна (АЧ) – ГОСТ 1585–85;
- отливки из легированного чугуна (износостойкого, коррозионно-стойкого, жаростойкого, высокохромистого, никелевого, алюминиевого чугуна и т. д.) – ГОСТ 7769–82.

Отливки из стали конструкционной нелегированной и легированной должны отвечать требованиям технических условий согласно ГОСТ 977–88, а из хладостойкой и

износостойкой – согласно ГОСТ 21357–87. Отливки из легких цветных сплавов с плотностью до 3000 кг/м³. К ним относятся отливки из алюминиевых сплавов, отвечающих требованиям ГОСТ 1583–93, и магниевых сплавов, отвечающих требованиям ГОСТ 2856–79. Отливки из тяжелых цветных сплавов с плотностью более

3000 кг/м³. К ним относятся:

- отливки из оловянистых бронз (согласно ГОСТ 613–79);
- отливки из безоловянистых бронз (согласно ГОСТ 493–79);
- отливки из медно-цинковых сплавов (латуней) (согласно ГОСТ 17711–93);
- отливки из цинковых сплавов (согласно ГОСТ 25140–93);
- отливки из титановых и других тяжелых цветных сплавов.

За основу классификации отливок по массе можно взять классификацию литейных цехов, принятую для определения производства литья. Литье по массе отливок подразделяют на пять групп: мелкое; среднее; крупное; тяжелое; особо тяжелое (уникальное). Граничные значения по массе литья для определения той или иной группы зависят от серийности производства литья. Причем при крупносерийном и массовом производстве отливок граничные значения массы, определяющие ту или иную группу, на порядок меньше, чем при индивидуальном производстве.

Классификация по условиям применения..В зависимости от назначения литых деталей и требований, предъявляемых к ним (требования указаны в нормативно-технической документации и рабочем чертеже детали), отливки подразделяют на три группы ответственности: общего, ответственного и особо ответственного назначения.

1-я группа – отливки общего назначения. К этой группе ответственности относятся отливки для таких деталей, у которых конфигурация и размеры определяются только конструктивными и технологическими соображениями. Поэтому контролируемыми показателями данной группы отливок являются: внешний вид, размеры и химический состав.

2-я группа – отливки ответственного назначения. Это отливки для деталей, работающих при статических нагрузках. Кроме внешнего вида, размеров и химического состава в отливках этой группы контролируются также механические свойства. Из механических свойств проверяются: относительное удлинение (δ) (кроме ЧПГ); предел текучести (σ_T) для пластичных сплавов или временное сопротивление разрыву для хрупких (σ_B). Испытание механических свойств производят на отдельно отлитых образцах поплавно или выборочно на образцах, вырезанных из прилитых к отливке заготовки-образца. При работе деталей под давлением дополнительно производится поштучный или выборочный контроль

отливок на плотность, а отливки из алюминиевых и магниевых сплавов подвергаются выборочному контролю рентгенопросвечиванием.

3-я группа – отливки особо ответственного назначения. Это отливки для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при циклических и динамических нагрузках. Отливки данной группы подвергаются контролю по всем показателям, установленным для 2-й группы ответственности. Кроме этого отливки обязательно проверяют на ударную вязкость, а отливки из алюминиевых и магниевых сплавов дополнительно подвергают индивидуальному контролю вихревыми токами, рентгенопросвечиванием, флуоресцентному контролю. Для отливок этой группы дополнительно предусмотрено выборочное испытание механических свойств на образцах, вырезанных из тела контрольных отливок. В станкостроении для отливок из чугуна по условиям применения детали принята своя классификация, где их подразделяют на пять классов ответственности.

Класс 1. Особо ответственные отливки:

- базовые, корпусные и другие литые детали высокой прочности, жесткости или износостойкости (корпуса патронов, поддерживающие кронштейны станков; станины станков; блоки цилиндров; зубчатые колеса; маховики; шкивы);
- детали, работающие в условиях большой степени загрязненности смазки на износ при трении скольжения или качения и требующие стабильности геометрической формы (станки с направляющими скольжения; направляющие втулки плунжеров, штоков и колонгидравлических прессов; диски трения; цилиндры и поршни встряхивающих формовочных машин; поршневые кольца и т. д.);
- детали, испытывающие давления свыше 10 МПа (корпуса распределителей и золотников; роторы; плунжерные втулки насосов;цилиндровые блоки и поршни и т. д.).

Класс 2. Отливки ответственного назначения:

- базовые корпусные детали средней прочности, жесткости или износостойкости (столы карусельных, координатно- и горизонтально расточных станков и т. д.);
- детали, к которым предъявляются требования по стабильности геометрической формы, работающие на износ в неответственных узлах трения с малой загрязненностью смазки (цилиндры поворота формовочных машин и т. д.);
- базовые детали, работающие при гидравлических давлениях до 10 МПа.

Класс 3. Отливки средней ответственности:

- базовые корпусные детали малой прочности, не работающие на износ, или работающие в неответственных узлах (их жесткость и коробление не сказываются на точности работы станков);

- детали, к которым предъявляются требования стабильности геометрической формы при напряжениях растяжения до 40 МПа или при избыточном давлении до 0,1 МПа.

Класс 4. Малоответственные детали:

- детали, не несущие нагрузок и не работающие на износ;
- декоративные детали узлов.

Класс 5. Все детали из антифрикционного чугуна (втулки; вкладыши; сухари; червячные колеса и пр.).

Классификация отливок по конструктивно-технологической сложности изготовления

В основу классификации отливок по конструктивно-технологической сложности изготовления взята классификация, установленная прейскурантом оптовых цен заготовок. Для отливок определено шесть групп сложности. Чем выше численное значение группы, тем сложнее отливка.

Та или иная группа сложности отливок определяется по классификационным признакам девяти факторов сложности, характерных для всех отливок. Факторы сложности исходят из конструкции и условий работы литой детали. К ним относятся:

- сложность конфигурации поверхности литой детали;
- масса литой детали;
- максимальный габаритный размер детали;
- толщина основной стенки литой детали;
- характеристики выступов, углублений, отверстий и т. п. литой детали, выполняемых литьем;
- количество стержней или вкладышей, используемых при изготовлении литейных форм на одну отливку;
- наличие и характер механической обработки поверхностей отливки;
- ответственность назначения литой детали;
- особые технические требования, предъявляемые к литой детали.

По каждому из девяти факторов сложности отливки также определено шесть групп сложности. Та или иная группа сложности по любому из девяти факторов определяется по их классификационным признакам. Общая же сложность конструкции отливки является приведенной. Ее определяют сопоставлением групп сложности каждого из девяти факторов сложности. Граничные значения классификационных признаков по факторам сложности зависят от применяемого способа литья. Поэтому группа сложности отливки назначается для конкретного способа литья. Определение сложности по фактору конфигурации поверхности. Основными классификационными признаками,

определяющими группу сложности по фактору конфигурации поверхности литой детали являются:

- наличие поверхностей сложной конфигурации;
- наличие выступов, углублений, отверстий и т. п.;
- наличие полостей открытой, полужакрытой или закрытой форм.

К 1-й группе сложности по конфигурации относятся отливки простой геометрической формы без внутренних полостей.

Ко 2-й группе сложности, как правило, относятся отливки коробчатой формы с наличием открытой внутренней полости простой формы.

К 3-й группе сложности относятся отливки с наличием внешних криволинейных поверхностей и внутренних полостей открытой, более сложной формы.

Обозначения: ПФ, ОФ и К – литье в песчаные, оболочковые формы и кокиль; Ц, Д и ВМ – литье центробежное, под давлением и по выплавляемым моделям.

П р и м е ч а н и е. Если перепад толщин стенок на соседних участках будет более чем в 3 раза, то группу сложности по «Конфигурации ...» переводят в более сложную (1 – во 2-ю; 2 – в 3-ю и т. д.).

К 4-й группе сложности относятся, как правило, отливки с наличием внутренних полостей средней сложности и затрудненным выходом наружу.

К 5-й группе сложности относятся отливки закрытой формы со сложными внутренними полостями.

К 6-й группе сложности относятся отливки закрытой формы с наличием тонких сложных ребер и многоярусных внутренних каналов.

При определении группы сложности по конфигурации поверхности отливки следует учитывать перепады толщины стенок на соседних участках. Если этот перепад толщины составит величину более трех раз, то группу сложности по «Конфигурации...» переводят в более сложную (1 – во 2-ю; 2 – в 3-ю; и т. д.).

Определение сложности по факторам массы и габаритного размера

Группа сложности по фактору массы определяется исходя из принципа: чем больше масса, тем выше сложность. Граничные значения массы в каждой группе сложности зависят от способа литья. Например, отливка массой менее 100 кг, изготавливаемая литьем в ПГФ, относится к 1-й группе сложности, а при литье по выплавляемым моделям к 1-й группе сложности относятся отливки массой менее 1,0 кг.

Обозначения: ПФ; ОФ; К; Ц; Д; ВМ – см. табл. 5; ЛЦС и ТЦС – легкие и тяжелые цветные сплавы; Ч – чугун; С – сталь.

Группа сложности по габаритному размеру определяется по максимальному его значению. Чем больше максимальный габаритный размер, тем сложнее отливка. Группа сложности по габаритному размеру также зависит от способа литья. Если при литье в песчаные формы отливки с максимальным размером до 1000 мм относят к 1-й группе сложности по данному фактору, то при литье таких же отливок другими способами их уже относят к 5-й или 6-й группам сложности.

Определение сложности по факторам толщины стенки, характеристик выступов и впадин, количества используемых стержней. Группу сложности по толщине основной стенки определяют, исходя из принципа: чем тоньше стенки отливки, тем сложнее ее изготовить. Группа сложности по толщине стенок зависит от способов литья. Так, при литье под давлением или по выплавляемым моделям отливки с толщиной стенок 7–8 мм можно отнести к 1-й группе сложности, а при литье в песчаные формы их относят к 5–6-й группе сложности.

Обозначения: ПФ; ОФ; К; Ц; Д; ВМ; Ч; С; ЦС – цветные сплавы (легкие и тяжелые).

Классификация сложности отливок по характеристике выступов и углублений в их конструкциях при литье в песчаные формы основана на суммарном количестве выступов, ребер, углублений, отверстий и их размерах. Например, при литье в песчаные формы отливок с количеством выступов и углублений менее 5 и высотой (глубиной) менее 30 мм, их относят к 1-й группе сложности, а при количестве этих выступов (углублений) более 15 с высотой (глубиной) более 75 мм относят к 6-й группе сложности. При литье в кокиль и центробежном литье за основу классификации сложности отливок по характеристике выступов и углублений принята высота или глубина данных выступов и углублений. Например, при высоте (глубине) выступов (углублений) в отливках менее 10 мм их относят к 1-й группе сложности (при литье в кокиль или центробежном литье), а при высоте (глубине) – более 40 мм отливки относят уже к 6-й группе сложности. При литье под давлением за основу классификации сложности отливок по характеристике выступов (углублений) принято количество углублений, полученных неподвижными частями пресс-формы. Например, при изготовлении отливок литьем под давлением с количеством углублений, полученных неподвижными частями пресс-формы, менее 6 их относят к 1-й группе сложности, а при количестве углублений более 20 – отливки относят к 6-й группе сложности. При литье по выплавляемым моделям за основу классификации сложности отливок по характеристике выступов (углублений) принято количество частей пресс-формы для изготовления модели. Например, при количестве частей

пресс-формы не более 2-х отливки относят к 1-й или 2-й группам сложности, а при количестве частей пресс-формы более 5 – отливки относят к 6-й группе сложности.

Для отливок, изготавливаемых в оболочковые формы, группу сложности по характеристикам выступов и углублений определяют исходя из соотношений размеров выступов и углублений (высота к ширине или высота к расстоянию между выступами), а также по количеству выступов (углублений). Классификация сложности по количеству стержней, вкладышей, отъемных частей пресс-форм и т. п. производится по принципу: чем больше стержней применяется для изготовления литейной формы (для одной отливки), тем сложнее ее изготовить, тем выше группа сложности отливки по данному фактору сложности. Определение группы сложности по количеству используемых стержней (вкладышей) зависит от способа литья. Например, к 6-й группе сложности при литье в оболочковые формы относят отливки, для изготовления которых используют более 6 стержней, а при литье в песчаные формы – более 30 стержней.

1) При выполнении ребер в одной полуформе

$$h/b \leq 1 \quad 1 < h/b \leq 1,5 \quad 1,5 < h/b \leq 2 \quad 2 < h/b \leq 2,5 \quad 2,5 < h/b \leq 3 \quad h/b > 3$$

ОФ 2) При выполнении ребер в двух полуформах

$$h/b \leq 2 \quad 2 < h/b \leq 3 \quad 3 < h/b \leq 4 \quad 4 < h/b \leq 5 \quad 5 < h/b \leq 6 \quad h/b > 6$$

3) Соотношение глубины и диаметра углубления

$$h/d \leq 1 \quad 1 < h/d \leq 1,5 \quad 1,5 < h/d \leq 2 \quad 2 < h/d \leq 2,5 \quad 2,5 < h/d \leq 3 \quad h/d > 3$$

4) При выполнении ребер в одной полуформе

$$N \leq 4 \quad 4 < N \leq 8 \quad 8 < N \leq 12 \quad 12 < N \leq 16 \quad 16 < N \leq 20 \quad N > 20$$

Обозначения: h – высота выступов или глубина углублений и отверстий (мм); N – суммарное количество выступов, ребер, углублений, отверстий (шт.); b – расстояние между соседними параллельными ребрами (мм); d – диаметр отверстия или наименьший размер углубления (мм); N – количество полостей, полученных неподвижными частями пресс-формы при литье под давлением (шт.); q – количество частей пресс-формы при литье по выплавляемым моделям (шт.).

Определение сложности по факторам механической обработки, ответственности и техническим требованиям. Классификация сложности по характеру механической обработки основана на количестве и точности обрабатываемых поверхностей.

Группа сложности по характеру механической обработки также зависит от способа литья. Так, к 1-й группе сложности относят отливки с обработкой до 10 % поверхности при литье в песчаные формы, кокиль или под давлением, а также с обработкой до 5 % поверхности при литье по выплавляемым моделям. К 6-й группе сложности относят отливки, которые

требуют обработки поверхности свыше 25–30 % в зависимости от способа литья.

Классификация отливок по ответственности назначения литой детали производится из заключения: выше ответственность

– выше группа сложности. В табл. 12 приведены классификационные признаки групп сложности по ответственности назначения литой детали. Так, отливки, служащие для изготовления литых деталей общего назначения, относят к 1-й или 2-й группам сложности, а отливки, предназначенные для изготовления литых деталей особо ответственного назначения, относят к 5-й или 6-й группам сложности. Классификация сложности отливок по особым техническим требованиям основывается на количестве и качестве предъявляемых требований к отливке (по газонепроницаемости, механическим, физическим свойствам, химическому составу, микроструктуре и т. д.). классификационные признаки определения групп сложности по основным техническим требованиям, предъявляемым к литой детали.

Методика определения общей (приведенной) группы сложности отливки

Группа общей (приведенной) сложности отливки определяется способом группировки выбранных групп сложности по каждому из девяти факторов сложности отливки.

Группировку признаков сложности производят путем их последовательного отнесения, начиная с более высоких групп сложности в сторону более низких групп сложности.

Необходимо остановиться на той группе сложности, в которой достигается четыре условно совпадающие группы сложности по отдельным факторам сложности (для центробежного литья – три условно совпадающие группы сложности). Следует учесть, что при определении группы сложности отливки по факторам: «Конфигурация поверхности»; «Характер механической обработки» и «Особые технические требования» выбор остается за более высокой группой сложности из этих трех факторов сложности.

Пример. Возьмем какую-то конструкцию отливки. Согласно табл. 5–13 выберем группы сложности отдельно по каждому из факторов сложности конструкции. Суммируем факторы сложности с одинаковой группой сложности. Результаты оформим следующим образом:

Группа сложности	1	2	3	4	5	6
Количество факторов с одинаковой группой сложности	3	3	–	1	1	1

Применяем способ группировки по следующей схеме: один фактор из шестой группы переходит в пятую; затем эти два условно совпадающих фактора переносятся в четвертую

группу; три условно совпадающих фактора переносятся во вторую группу; количество условно совпадающих факторов в этой группе сложности достигает пяти (более четырех); отливке присваивается вторая группа сложности, конструкции типовых отливок, распределенных по группам сложности.

Отливки 1-й группы сложности – отливки простой геометрической формы, малоответственного назначения, как правило, без механической обработки (или сверление). Для изготовления используется не более 1-го стержня.

Отливки 2-й группы сложности – это сочетание простых геометрических тел открытой коробчатой формы. Отливки общего назначения, механически обрабатываются с одной или двух сторон. При изготовлении используется до 5 стержней (ПГФ).

Отливки 3-й группы сложности – отливки ответственного назначения открытой коробчатой, сферической или иной формы сравнительно сложной конструкции; обрабатываются с 3-х сторон; для изготовления требуется до 12 стержней (в ПГФ).

Отливки 4-й группы сложности – это отливки ответственного назначения сложной геометрической формы с частично закрытыми полостями; обработка с 4-х сторон с высокой точностью поверхности; при изготовлении используется до 20 стержней. Отливки 5-й группы сложности – отливки особо ответственного назначения, работающие при давлении от 0,6 до 3,0 МПа, сложной закрытой геометрической формы; при изготовлении используется до 30 стержней; обрабатываются с 5 сторон.

Отливки 6-й группы сложности – отливки особо ответственного назначения, работающие при давлении свыше 3,0 МПа; сложной закрытой геометрической формы; при изготовлении используется до 30 стержней и выше; обрабатываются не менее чем с 6 сторон.

Целесообразность применения основных способов литья

Основные факторы, определяющие выбор способа литья

Выбор способа литья и оформление технологического процесса изготовления отливки определяются следующими факторами:

- типом сплава, его температурой плавления, литейными свойствами; зависимостью его обрабатываемости от способа литья;
- серийностью производства литой детали;
- конструкцией литой детали, ее сложностью, габаритными размерами, массой, толщиной стенок и т. п.;
- особыми требованиями к механическим, химическим и специальным свойствам литой детали (прочность, термостойкость, герметичность и т. п.);

- требованиями к параметрам точности литой детали и соответственно к параметрам точности отливки;

- производственными возможностями литейного цеха (наличие определенного литейного оборудования, формовочных машин, плавильных агрегатов и т. д.) – этот фактор очень часто определяет выбор технологического процесса.

Значительное влияние на выбор способа литья оказывает серийность производства отливок. Очень многие способы литья ограничены значением минимального выпуска отливок. Например, литье под давлением применяется только при серийном, крупносерийном и массовом производстве. При выборе способа литья с учетом серийности их производства необходимо произвести дополнительный анализ выпуска других отливок, однотипных по массе, габаритам и сплаву.

Большое влияние на выбор способа литья оказывают геометрическая форма литой детали, толщина ее стенок и развитость ее поверхности ($R = V/S$ – приведенная толщина отливки). Например, центробежное литьё применяется в основном для изготовления отливок, имеющих форму тел вращения, а непрерывное литьё – для длинномерных отливок с одинаковым сечением по всей длине. Литьём по выплавляемым моделям можно получить сложные, точные отливки, не требующие механической обработки, с толщиной стенки до 0,7 мм и диаметром литого отверстия до 1 мм, что невозможно получить литьем в песчаные формы. В то же время литьё по выплавляемым моделям ограничено по габаритам и массе (до 150 кг). Чем развитее поверхность отливки, чем меньше значение ее приведенной толщины R , тем сложнее отливка, тем сложнее ее изготовить литьем, особенно литьем в металлические формы (например, в кокиль).

Способ литья в свою очередь оказывает существенное влияние на свойства сплава отливки, его плотность, газонасыщенность, микроструктуру и т. д. Так, при литье в кокиль или по выплавляемым моделям получают плотные и герметичные отливки, а при литье под давлением получают отливки с большой газонасыщенностью сплава.

Повышенные требования к точности отливок ограничивают выбор способа литья. В данном случае применяют литьё по выплавляемым моделям, жидкую штамповку, литьё под давлением, литье в оболочковые формы как наиболее точные технологические процессы изготовления отливок.

Экономическая целесообразность выбора способа литья оценивается стоимостью применяемого литейного оборудования, энергоемкостью способа, выходом годного, значением КИМ заготовки, съемом с производственной площади, экологической чистотой способа и т. п. Например, при оценке целесообразности литья в кокиль следует учитывать,

что данный способ, по сравнению с литьём в песчаные формы, позволяет увеличить выход годного до 75–90 %, сокращает или полностью устраняет необходимость применения формовочных материалов, операций формовки, смесеприготовления и регенерации отработанных смесей. Но, наряду с этим, следует учитывать высокую стоимость металлических форм и их ограниченную стойкость. Так, изготовление чугунных отливок в кокиль нецелесообразно при их серийности менее 400 шт.

Обозначения: Ц и Д – см. табл. 5; Ж Ш – жидкая штамповка

Так, изготовление втулок центробежным способом дает выход годного 74–75 %, литьём под давлением ~ 30 %, а жидкой штамповкой – 96 %.

Характерные особенности основных способов литья

Литье в песчаные формы Этот способ литья очень разнообразен и применяется для изготовления отливок почти любой конфигурации из большинства известных литейных сплавов. В настоящее время литьем в песчаные формы изготавливается около 80 % всех отливок по массе. Технологический процесс производства отливок в данном способе литья разнообразен по уровню механизации (особенно при изготовлении литейных форм и стержней), начиная от ручного труда и кончая автоматизированными формовочно-заливочными комплексами с электронной схемой управления.

В зависимости от габаритов и массы отливок в этом способе литья изготовление литейных форм производят в кессонах, в почве по модели и шаблону, в опоках различных размеров и без опок (безопочная формовка). При изготовлении форм и стержней используются формовочные смеси разнообразных составов, которые значительно отличаются по способу их уплотнения, отвердения, а также прочности и газопроницаемости. Применение холодно-твердеющих смесей (ХТС) и жидкоподвижных смесей (ПС) при изготовлении литейных форм и стержней повышает производительность труда, снижает трудоемкость изготовления форм и стержней в 3–5 раз, позволяет механизировать и автоматизировать производство изготовления форм и стержней независимо от их размеров, конфигурации и номенклатуры. Использование ХТС при формовке в кессонах и крупных опоках позволяет получать ответственные отливки из чугуна и стали тяжелого машиностроения, станкостроения и энергетического машиностроения массой до 200 т, такие, как станины, корпуса, рамы, блоки цилиндров, шаботы, турбины и прочие. Что касается точности, то литьем в песчаные формы можно получать отливки с шероховатостью поверхности $Ra = 80\text{--}10$ и с точностью, соответствующей 14–17-му квалитетам и грубее. В то же время, если форма изготовлена из обычной песчано-глинистой смеси, то шероховатость поверхности отливки находится в

пределах Ra 80 – Ra 40. При использовании песчано-масляных смесей шероховатость отливок находится в пределах Ra 80 – Ra 20, а при использовании хромомагнетитовых смесей может достигать Ra 20 – Ra 5,0. При единичном и мелкосерийном производствах модельные комплекты изготавливаются деревянными; в крупносерийном и массовом производствах используют в основном металлические (или пластмассовые) модельные комплекты. Металлические модели имеют более высокие точность и чистоту поверхности, что позволяет примерно на 10 % снизить припуски на механическую обработку. Литейные уклоны деревянных моделей составляют 1–3°, металлических при ручной формовке – 1–2°, при машинной – 0,5–1°, что также позволяет на 10–12 % повысить КИМ заготовки. Основные преимущества и недостатки

Главное преимущество литья в песчаные формы состоит в том, что это самый простой и дешевый способ изготовления отливок по сравнению с другими способами литья. Этот способ почти не ограничен по размерам, массе и конфигурации изготавливаемых отливок, так же как и по применяемому сплаву для ее изготовления. Этот способ литья имеет наименьшую продолжительность освоения новой технологии по сравнению с другими способами и не ограничен по серийности производства, а при индивидуальном производстве это самый экономически выгодный способ производства.

Основными недостатками литья в песчаные формы являются:

- использование больших производственных площадей и энергоемкого технологического и подъемно-транспортного оборудования;
- сложность, иногда невозможность изготовления мелких, тонкостенных отливок;
- сложность изготовления отливок с высокими требованиями по точности (невысокая точность изготовления отливок требует назначения завышенных припусков на механическую обработку; КИМ заготовки не более 60–70 %);
- неудовлетворительные условия труда, особенно при использовании современных смесей на основе различных смол и т. д.

Целесообразность и область применения

Этот способ литья экономически целесообразен при любом характере производства, для деталей любых массы, конфигурации, габаритов, для получения отливок практически из всех литейных сплавов. Этот способ литья является основным для производства отливок из чугуна и стали в различных отраслях машиностроения. А для изготовления массивных, крупногабаритных отливок это единственный способ литья. Данный способ литья накладывает определенные ограничения на толщину стенок изготавливаемых отливок.

Литьем в песчаные формы не рекомендуется изготавливать отливки с толщиной стенок:

- для отливок из ЧПГ массой до 5 кг марок СЧ10-СЧ15 – менее 5 мм; СЧ20 – СЧ25 – менее 10 мм; СЧ30 – менее 12 – 16 мм;
- для отливок из ЧПГ массой до 100 кг марок СЧ10 – СЧ15 – менее 10 мм; СЧ20 – СЧ25 – менее 14 мм; СЧ30 – менее 16–18 мм;
- для отливок из ЧПГ массой до 500 кг марок СЧ10 – СЧ15 – менее 14 мм; СЧ20-25 – менее 16 мм; СЧ30 – менее 18 мм;
- для отливок из ВЧШГ массой до 2 кг – менее 3–4 мм; массой до 50 кг – менее 6 – 8 мм; св. 50 кг – менее 10–20 мм;
- для отливок из нелегированной стали массой до 2 кг – менее 8 мм; до 50 кг – менее 12 мм; более 50 кг – менее 20 мм;
- для отливок из алюминиевых сплавов размерами до 200 мм – менее 3–5 мм; до 800 мм – менее 5–8 мм.

Литье в оболочковые формы

Отличие литья в оболочковые формы состоит в том, что в данном способе используется своеобразная форма в виде оболочки. Оболочку выполняют из песчано-смоляных смесей по горячей модельной оснастке, а также из химически твердеющих смесей по холодной модельной оснастке.

Литье в оболочковые формы применяют для изготовления сложных и ответственных фасонных отливок повышенной точности массой от сотней граммов до 150 кг и выше, габаритными размерами до 1500 мм и минимальной толщиной стенки до 3 мм.

Применение толстостенных оболочек из химически твердеющих смесей толщиной порядка 50–150 мм позволяет изготавливать отливки из чугуна массой до 40 тонн.. Ее получают наддувом смеси с помощью пескодувной машины в пространство между моделью и сушителем. После наддува смеси и отверждения оболочки на модели в сушителе их помещают в печь для полного отверждения. После полного отверждения оболочки в печи её извлекают из сушителя и снимают с модели.

Особенности литья

Применение в смеси термореактивных смол в качестве связующего (3–9 % от массы песка) обеспечивает быстрое отверждение оболочки (30–90 с) и высокую ее прочность при растяжении (до 5 МПа). Отверждение формы непосредственно на модели дает достаточно точные и стабильные размеры. Точность размеров отливки соответствует 15–14 квалитетам, а шероховатость поверхности соответствует Ra 40 – Ra 5,0.

Одной из важных особенностей литья в оболочковые формы является свойство оболочки на термореактивных смолах разупрочняться при воздействии высоких температур (т. е. при

заливке в нее расплава). Это способствует свободной усадке отливки в форме, снижению внутренних напряжений, возникающих при усадке. Разупрочнение оболочки после ее заливки металлом значительно облегчает выбивку форм и очистку отливок. Здесь следует отметить, что оболочковые стержни применяются при других способах литья, особенно при выполнении в отливках сложных, небольших по размерам полостей.

Основные преимущества и недостатки

Преимуществами литья в оболочковые формы являются:

- значительная длительность хранения литейной формы (оболочки) из-за ее негигроскопичности (на терморезактивных смолах);
- снижение припусков на механическую обработку и соответственно увеличение КИМ заготовки до 80–95 %;
- уменьшение объема грузопотоков и производственных работ на операциях приготовления формовочной смеси, изготовления стержней и литейных форм (расход формовочных материалов по сравнению с литьем в ПФ снизится в 10–20 раз; объем транспортировки и переработки формовочных материалов сокращается в 8–10 раз);
- уменьшение в 2–4 раза трудозатрат на выбивку и очистку литья по сравнению с литьем в ПФ;
- увеличение в 1,5 – 2 раза выхода годного за счет снижения брака;
- возможность изготовления сложных тонкостенных фасонных отливок.

К основным недостаткам способа литья можно отнести:

- высокую стоимость связующего и повышенное выделение вредных веществ при заливке форм;
- недостаточную жесткость оболочек и их коробление при габаритных размерах свыше 1500 мм, что ограничивает область применения данного способа литья по массе и габаритным размерам.

Целесообразность и область применения

Литьем в оболочковые формы получают сложные отливки с высокой развитостью поверхности (например, ребристые цилиндры двигателей с воздушным охлаждением, распределительные и коленчатые валы, гильзы, звездочки, зубчатые колеса и т. п.) в условиях массового и крупносерийного производства (нецелесообразно изготовление отливок литьем в оболочковые формы менее 200 шт.) с предпочтительной массой 5–15 кг и габаритами до 500–700 мм. Данный способ литья предъявляет определенные требования к конструкции и толщине стенок изготавливаемой литой детали.

Конфигурация литой детали должна обеспечивать возможности извлечения модели из формы (оболочки).

Не рекомендуется изготавливать литьем в оболочковые формы глубокие коробчатые литые детали (так как высокая текучесть формовочной смеси на горячей модели может привести к образованию оболочки с разной толщиной стенок, что приведет к браку).

Литьем в оболочковые формы не рекомендуется изготавливать отливки с толщиной стенок:

- для мелких чугунных отливок менее 2,0–2,5 мм;
- для стальных отливок – менее 3–4 мм.

Оптимальная толщина стенок отливок находится в пределах 2–8 мм.

Следует избегать литьем в оболочковые формы отливок с сочетанием массивных и тонких частей, так как применение холодильников и прибылей усложняет процесс изготовления оболочек.

Для свободного съема оболочки с модели отливка должна иметь конструктивные уклоны в пределах 0,5–5,0°.

Отливка должна иметь минимальное количество полостей, изготавливаемых стержнями.

Литьем в оболочковые формы можно выполнять отверстия диаметром до 6 мм (при толщине стенок 10–12 мм).

Литье по выплавляемым моделям

Этот способ получения отливок в многослойных, оболочковых, неразъемных, разовых керамических формах с использованием выплавляемых, выжигаемых и растворяемых моделей. Позволяет изготовить фасонные отливки массой до 150 кг из любого литейного сплава очень сложной конфигурации, тонкостенных, с повышенной точностью размеров и поверхности. Размерная точность соответствует 15–12 квалитетам, а шероховатость поверхности – Ra 20 – Ra 2,5.

Особенности литья

В данном способе литья модель изготавливается в специальных пресс-формах. Этим достигается высокая точность изготовления модели. Модель не имеет разъема и служит для изготовления одной детали (т. е. нет износа модели), что значительно увеличивает размерную точность отливок. Своеобразный способ изготовления литейной формы (керамической оболочки толщиной 2–8 мм) без механического воздействия на модель, отсутствие разъема формы и оригинальный способ удаления модели из формы (выплавление, выжигание, растворение) обеспечивают высокую точность изготовления формы, а значит и отливки. Керамическая оболочка не газотворна (оболочка прокаливается

при высоких температурах $\sim 900^{\circ}\text{C}$), что исключает образование газовых раковин в отливках. Малая теплотворная способность керамической оболочки и заливка металла в горячие формы благоприятствуют заполнению формы и питанию отливки из литниково-питающей системы. Керамическую оболочку можно до заливки нагревать до температур, превышающих температуру плавления сплава, а также быстро охлаждать без каких-либо деформаций и разрушений. Это свойство литейной формы можно использовать для обеспечения направленной кристаллизации отливки, т. е. данным способом возможно получить высокогерметичную отливку с монокристаллической структурой. Модель при данном способе литья может быть составлена из отдельных частей путем пайки или склеивания. Это позволяет получать литьем очень сложные цельнолитые детали, которые не удастся изготовить другими способами обработки металлов. Себестоимость отливок, полученных литьем по выплавляемым моделям в 3–10 раз выше, чем отливок, получаемых литьем в песчаные формы. Однако за счет высокого качества отливок и уменьшения объема механической обработки общие расходы на изготовление детали часто бывают ниже, особенно при массовом и серийном производстве. Основные преимущества и недостатки

Основными преимуществами данного способа литья являются:

- возможность изготовления сверхсложных, тонкостенных отливок с толщиной стенки до 0,75 мм и литыми отверстиями до 1,0 мм;
 - изготовление отливок высокого качества и высокой точности;
 - снижение до минимума припуска на механическую обработку отливок (КИМ заготовки $\approx 90\text{--}95\%$).
- Основными недостатками способа являются:
- высокая стоимость изготовления отливок;
 - ограничение по массе и габаритам изготавливаемых отливок (по массе до 150 кг, по габаритам до 1000 мм);
 - сложный процесс очистки отливок (выщелачивание и т. п.);
 - литье по выплавляемым моделям является наиболее длительным и трудоемким технологическим процессом изготовления отливок.

Целесообразность и область применения

Литье по выплавляемым моделям достаточно широко применяется в машиностроении. Этим способом получают детали турбинных лопаток из жаропрочных сплавов, колеса насосов из коррозионностойких сплавов, коромысла клапанов, детали турбомашин (дюз, клапана) и прочие сложные и ответственные детали.

Целесообразность применения литья по выплавляемым моделям:

- в массовом или крупносерийном производстве мелких, сложных, тонкостенных отливок с повышенными требованиями к качеству и точности изготовления (без последующей механической обработки или незначительной) в основном из легированных сталей и тугоплавительных цветных сплавов с массой от 0,2 до 12 кг и литыми отверстиями до 3,0 мм (менее получить затруднительно из-за сложности изготовления стержня);

- изготовление отливок сверхсложной конфигурации при любой серийности, если их нельзя изготовить другими способами (или это очень затруднительно);

- изготовление отливок со сложными полостями при любой серийности, если стоимость их изготовления компенсируется снижением затрат на механическую обработку и за счет экономии металла (т. е. увеличения КИМ заготовки);

- изготовление литых деталей из недеформированных сплавов с низкими литыми свойствами.

Литьё по выплавляемым моделям предъявляет определенные требования к конструкции литой детали, к толщине ее стенок, размерам и т. п.

При изготовлении стальных отливок литьем по выплавляемым моделям следует учитывать, что толщина стенок должна быть не менее 0,75 мм, если их протяженность составляет не более 10 мм. При протяженности стенок до 50 мм толщина их должна быть не менее 1,5 мм; при протяженности до 100 мм – не менее 2,0 мм; при протяженности до 200 мм – не менее 2,5 мм; при протяженности до 350 мм – не менее 3,0 мм; свыше 350 мм – не менее 3,5 – 4,0 мм. Допустимая минимальная толщина чугунных отливок, изготавливаемых литьем по выплавляемым моделям в 1,2–1,5 раза меньше, чем у стальных. Оптимальная толщина стенок отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям, составляет 6 мм. При большей толщине стенок могут возникать усадочные раковины из-за недостаточности их питания. Не рекомендуется изготавливать отливки литьем по выплавляемым моделям:

- если в их конструкции есть резкие переходы стенок с соотношением свыше чем 1:4 (большая вероятность возникновения пористости);

- если в отливках с тонкими стенками, протяженностью более 150 мм не предусмотрены технологические окна или ребра жесткости (большая вероятность коробления отливок).

Литье в керамические формы по постоянной модели

Литье в керамические формы по постоянным моделям относится к способу изготовления особо точных отливок, которые по значениям массы и габаритов не могут быть изготовлены литьем по выплавляемым моделям. Керамическую форму в данном способе литья готовят из жидкоподвижной химически твердеющей смеси на основе

пылевидного кварца, муллита и других огнеупорных песков. В качестве связующего применяются этилсиликат или его заменители. В смесь добавляют специальные добавки – гелеобразователи (щелочи, кислоты MgO и прочие.). Суспензия (смесь) после заполнения оснастки затвердевает в ней в течение от 20 с до 15 мин (зависит от габаритов формы).

Особенностью литья в керамические формы является образование мелких сеток микротрещин в стенках прокаленной керамической формы. Это способствует газопроницаемости и некоторой податливости формы.

Основными преимуществами данного способа литья являются:

- отсутствие средств уплотнения при изготовлении литейной формы;
- высокая точность отливок (соответствует точности литья по выплавляемым моделям);
- более широкая номенклатура изготавливаемых отливок по массе и габаритам (литьем в керамические формы изготавливают отливки из различных сплавов массой от 0,2 до 10 000 кг). Основным недостатком литья в керамические формы – это высокая стоимость формовочных материалов (от 25 до 60 % от себестоимости годных отливок).

Тема : Жидкотекучесть

Жидкотекучесть – это способность металла заполнять литейную форму и воспроизводить все ее очертания, способствовать хорошему питанию отливки и удалению газов, что

снижает опасность возникновения таких дефектов, как усадочные и газовые раковины, пористость, горячие трещины.

Жидкотекучесть определяется экспериментально с помощью технологических проб (спиралевидная, U-образная и др.) по формуле

$$S = \frac{V_{\text{ср}} \rho}{\alpha \Pi (T_{\text{ж}} - T_{\text{ф}})} \{ C(T_{\text{ж}} - T_{\text{ф}}) - L \} \quad \text{м} \quad (24)$$

где $V_{\text{ср}}$ – средний объем пробы на жидкотекучесть, м^3 ; ρ – плотность сплава, $\text{кг}/\text{м}^3$; α – средний коэффициент теплопроводности с поверхности расплава; Π – периметр сечения пробы, м ; C – теплоемкость жидкого расплава, $\text{Дж}/\text{К}$; $T_{\text{м}}$ – температура расплава в период заливки; $T_{\text{ф}}$ – средняя температура литейной формы; $T_{\text{ж}}$ – температура перегрева на ликвидусом; T_0 – температура нулевой жидкотекучести; L – теплота кристаллизации, выделяемая из единицы объема при охлаждении до T_0 .

Жидкотекучесть зависит от следующих факторов.

1. Физико-химических свойств сплава: химический состав, вязкость, поверхностное натяжение, плотность, теплоемкость, интервал кристаллизации, теплота кристаллизации, содержание неметаллических включений и газов.

Жидкотекучесть возрастает с увеличением содержания кремния, фосфора и особенно углерода, достигая максимума в чугунах эвтектического состава, определяемого суммой $C + 1/3\text{Si} + 1/2\text{P}$. Фосфор улучшает жидкотекучесть чугуна, уменьшая его поверхностное натяжение и вязкость, образуя легкоплавкую фосфидную эвтектику. Большое значение имеет повышенное содержание фосфора до 1,0-1,5% для художественного литья, где требуется повышенная жидкотекучесть.

Сера и марганец в отдельности слабо влияют на жидкотекучесть, но при наличии обоих этих элементов образуется MnS , сильно понижающий жидкотекучесть.

2. Свойства литейной формы (состав формовочной смеси, влажность, газопроницаемость, плотность, температура, теплоемкость и теплопроводность). При заливке в горячие прокаленные формы, жидкотекучесть увеличивается.

3. Условий заливки (гидростатический напор, скорость заливки, температура металла и формы).

Количество жидкой фазы, при которой наступает нулевая жидкотекучесть, зависит от строения и размеров первичных кристаллов. Например, нулевая жидкотекучесть стали и чугуна наступает соответственно при образовании 20 и 30% твердой фазы.

Для чугуна часто применяют спиральную пробу (рисунок 2.1), имеющую трапецевидное сечение площадью $0,56 \text{ см}^2$. После заливки измеряют длину заполнившейся части спирали, которая и характеризует жидкотекучесть.

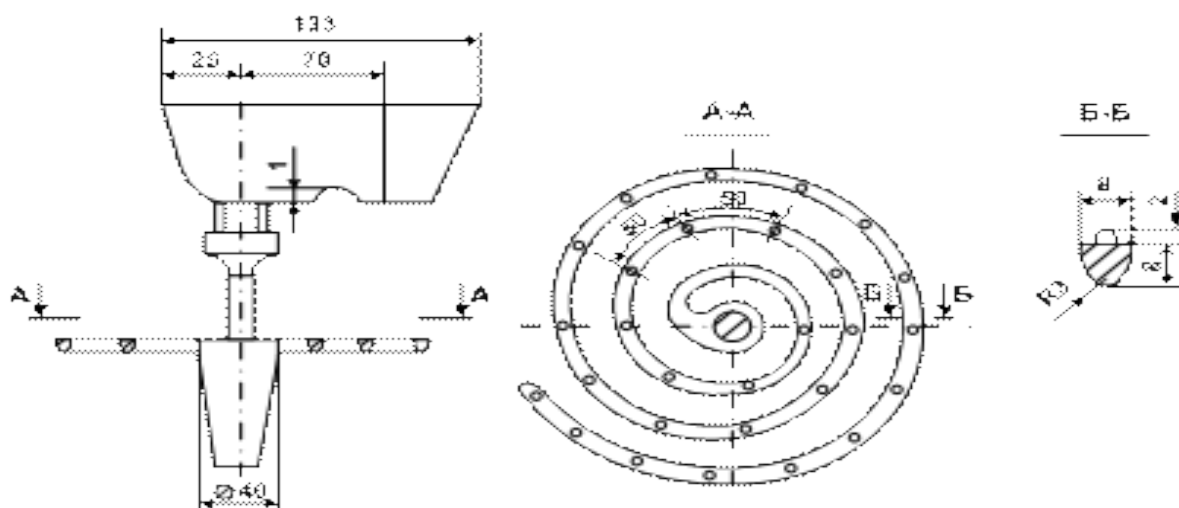


Рисунок 74 – Технологическая проба для определения жидкотекучести чугуна

Различают жидкотекучесть нулевую, истинную (параллельно нулевой), и условно-истинную (параллельно линии ликвидуса). Но т.к. на практике эти жидкотекучести определить очень сложно, то пользуются практической жидкотекучестью – определенной температурой перегрева над линией ликвидуса.

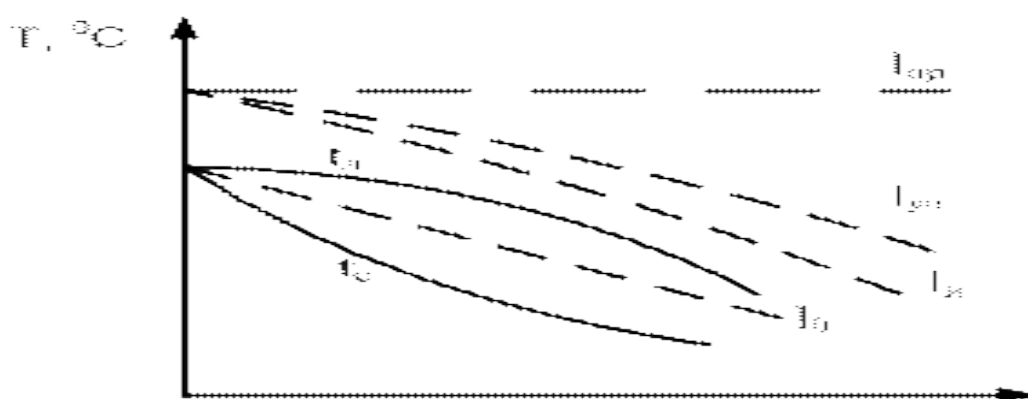


Рисунок 75– Виды жидкотекучестей металлических расплавов:

l_0 – нулевая; $l_{и}$ – истинная; $l_{уи}$ – условно-истинная при постоянном перегреве над $t_{л}$; $l_{пр}$ – практическая.

Мерой величины жидкотекучести может быть длина прутка L , которая была заполнена до остановки течения

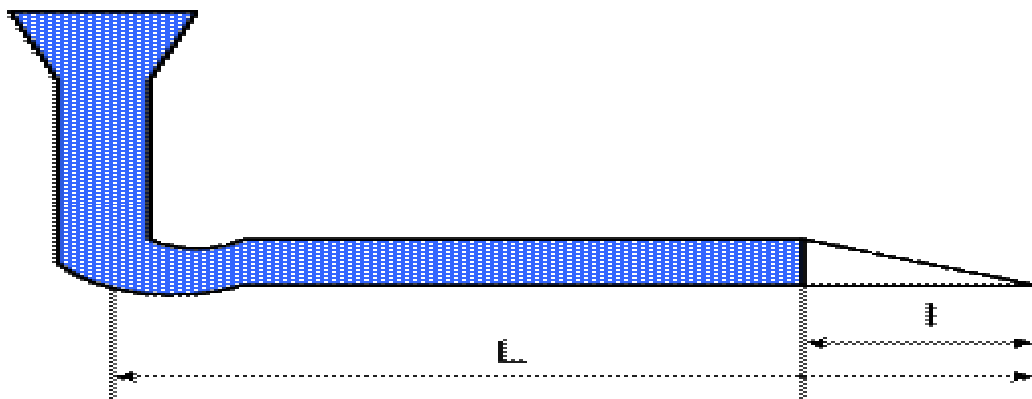


Рисунок 76 – Прутковая проба для определения формозаполняемости

Длина $L-l$ – формозаполняемость, ее оценивают по формуле

$$F = \frac{L-l}{L} 100\%$$

Усадкой называется уменьшение объема и линейных размеров отливки в процессе ее формирования, а также охлаждения с температуры заливки до температуры окружающей среды. Усадка является одним из важнейших литейных свойств сплавов.

Виды усадки. Для оценки усадки используют понятия: относительная усадка и коэффициент усадки в интервале температур. В зависимости от агрегатного состояния сплава различают усадку в жидком, твердо-жидком и твердом состояниях. Полная усадка является суммой этих трех слагаемых. Основу усадки составляет термическое сжатие, которое увеличивается или уменьшается в результате фазовых превращений и изменения растворимости газов. У ряда сплавов вблизи от температуры ликвидуса наблюдается увеличение объема, называемое предусадочным расширением. Для характеристики усадки на различных этапах формирования отливки используют следующие способы ее оценки. Объемная усадка – относительное изменение объема сплава – используется для характеристики изменения в жидком или твердожидком состоянии, а также для полного изменения объема. Линейная усадка оценивает относительное изменение размеров отливки с момента перехода ее в твердое или твердожидкое состояние с разрозненными включениями жидкой фазы и твердой наружной коркой. Литейная усадка – относительная (в процентах) разность линейных размеров модели и отливки. Она оценивает полное изменение размеров отливки и поэтому наиболее удобна для использования в технологических расчетах и операциях. Литейная усадка зависит не только от свойств и состояния сплава, но также от конструкции отливки и формы, от технологических условий литья и других факторов. В связи с торможением усадочного процесса формой (для фасонных отливок) необходимо различать свободную и затрудненную усадку, которые численно не совпадают. Общее уменьшение объема сплава в процессе усадки отливки дают три составляющие - наружная усадка, усадочная раковина и пористость. Наружная усадка - изменение наружных размеров и объема. Именно этот вид усадки оценивается характеристикой $E_{лит.}$ Усадочная раковина – полость в теле отливки или прибыльной части, образующаяся вследствие некомпенсированной объемной усадки при затвердевании. Различают внутренние раковины; образующиеся обычно в тепловых узлах, и наружную раковину, которая может быть открытой или закрытой (т.е. под коркой металла). Размер усадочной раковины зависит от усадочных свойств сплава, условий формирования отливки и технологических условий литья. Усадочная пористость – скопление мелких пустот, возникающих в изолированных микрообъемах отливки, обычно в междоусных пространствах дендритов, в условиях отсутствия питания жидким расплавом. Различают рассеянную пористость, распределенную более или менее равномерно по всему объему

отливки, и зональную пористость,сосредоточенную в осевых частях, в тепловых узлах и других частях отливки. Формирование пористости при затвердевании отливки идет параллельно с процессом выделения газов, которые заполняют поры и могут создавать в них значительное давление. В связи с этим в реальных условиях пористость в большинстве случаев имеет газоусадочный характер. Развитие усадочных дефектов и их, распределение в отливке зависят от взаимодействия факторов, отражающих усадочные свойства сплава, а также тепловые и кинетические условия формирования отливки. Склонность сплава к образованию усадочных дефектов (раковин и пористости) определяется на технологических пробах – небольших отливках, имеющих форму усеченного конуса или шара.

Конфигурация и размеры проб ГОСТом не регламентируются. Линейная усадка цветных металлов и сплавов определяется согласно ГОСТ 16817 – 71 путем отливки пробы в сухую песчаную или металлическую (полукокильную) форму. Проба представляет собой призматический образец сечением 25 x 25 мм и длиной 130 мм с выемками с обоих концов. В результате усадки при затвердевании образец перемещает подвижную часть формы , что фиксируется стрелочным индикатором. Линейная усадка большинства сплавов колеблется в пределах 0,7 – 2,2 % (углеродистой стали 1,2 – 2,2 %, серого чугуна 0,7 – 1,3 %, силумина 1 – 1,2 %, магниевых сплавов 1 – 1,6%, бронзы 1 – 1,5 %). Образование усадки.

Исследованиями А.А. Бочвара установлено, что в сплавах, кристаллизующихся в интервале температур, линейная усадка проявляется после образования в отливке твердого кристаллического скелета когда, несмотря на наличие остаточного количества жидкости, в целом отливка ведет себя как твердое тело. В зависимости от формы первичных кристаллов, степени развития и разветвленности дендритов количество твердой фазы, при котором формируется твердый скелет, колеблется в очень широких пределах – от 20 до 80 % от общего объема сплава. Соответственно на диаграмме состояния может быть нанесена линия образования твердого скелета (ЛОТС), которая располагается возле границы выливаемости, несколько ниже ее (рис. 1). При достижении температуры образования твердого скелета сплав с технологической точки зрения переходит в твердое состояние и в нем может оцениваться линейная усадка; при температуре выше $T_{ск}$ усадочные процессы возможно оценивать только объемной усадкой. Температура $T_{ск}$ делит температурный интервал кристаллизации на две области: эффективный интервал кристаллизации и эффективный интервал затвердевания.

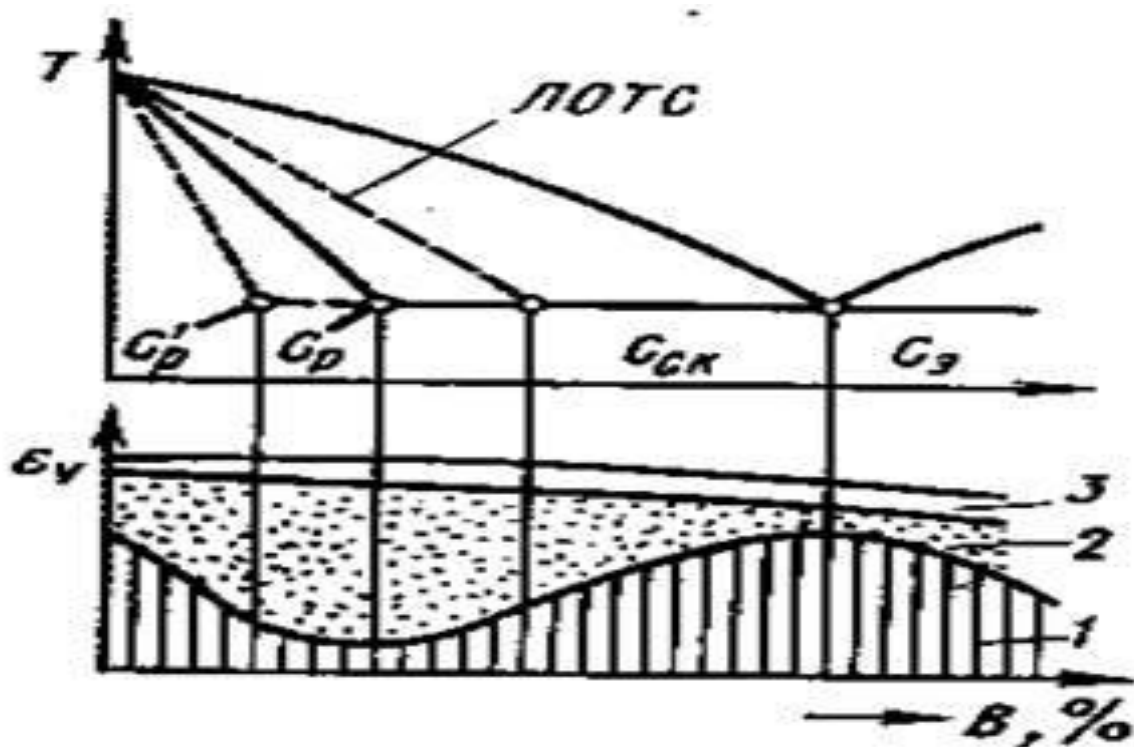


Рисунок 77. Распределение объемной усадки между усадочной раковиной (1), пористостью (2) и наружной усадкой (3) в сплавах эвтектической системы (по данным А. А. Бочвара)

Формирование усадочной раковины происходит главным образом в интервале температур после образования сплошной твердой корки на поверхности отливки, а формирование усадочной пористости – большей частью в интервале при затрудненности питания междудендритных пространств. Таким образом, развитие усадочных дефектов того или иного типа оказывается непосредственно связанным с положением фигуративной точки сплава на диаграмме состояния относительно точек C_p , C'_p и $C_э$ а также $C_{ск}$.

Впервые общая схема распределения усадочных пустот между раковиной и порами, в зависимости от $DT_{кр}$ была приведена в работах А.А. Бочвара. Последующие исследования уточнили зависимость с учетом положения ЛОТС (или точки $C_{ск}$) и неравновесного солидуса. Максимум развития пористости фиксируется при концентрациях вблизи точек C_p или C'_p .

Усадочные свойства некоторых сплавов приведены ниже:

Система	Al—Si	Cu—Si	Al—Cu	Mg—Al	Cu—Sn
C _p , %	1,65	5,3	5,65	12,6	13,5
Концентрация второго компонента в сплаве, %:					
с максимальной пористостью	1,5—2,0	4,0—5,0	4,5—5,0	6,0—10,0	—
с максимальным количеством горячих трещин	0,8—1,2	2,0	1,8—3,2	—	2,0

В целом картина аналогична изменению положения минимума жидкотекучести в зависимости от концентрации C_p. Общий вывод заключается в следующем: широкоинтервальные сплавы склонны к образованию усадочной пористости, в узкоинтервальных сплавах усадочные изменения объема сосредоточены в усадочной раковине. По наблюдениям Б. Б. Гуляева, при смещении технологических границ сплава (ЛОТО и расположенной ниже ее границы питания) к ликвидусу, зона осевой пористости в отливках сужается, но рассеянная пористость может увеличиваться. При смещении технологических границ к солидусу зона осевой пористости может расширяться, но общий объем всех видов пористости должен уменьшаться.

Закономерности изменения линейной усадки в зависимости от положения сплавов на диаграмме состояния иллюстрирует рис. 2.

1. В сплавах с существенной растворимостью в твердом состоянии (C_p > 1 – 5 %) на участке до точки СА ск.Е1 изменяется по некоторой ниспадающей кривой, а на участке между точками СА ск. и СВ ск. наблюдается закон аддитивности – прямолинейная зависимость (сплавы Al – Mg и др.). Иногда излом кривой происходит в точках C_p или C'_p, а на участке C_p – СА ск. , отмечается площадка (сплавы Al – Si).

2. Если усадочные свойства первичных выделений (a1 и b1) сильно отличаются, то происходит разрыв аддитивной зависимости вблизи от эвтектической точки, или точки СА ск.(СВ ск.) –(сплавы Sn – Pb, Al – Sn и др.). Отрезки прямых располагаются горизонтально, т. е. усадка целиком определяется той структурной составляющей, которая преобладает в смеси кристаллов.

В сложных многокомпонентных сплавах распределение усадочных пустот и изменение в, в общем подчиняется рассмотренным выше зависимостям.

Влияние технологических факторов на усадку. Перегрев сплава перед заливкой влияет на все виды усадки вследствие увеличения разности объемов жидкого (при $T_{зал.}$) и твердого металлов и изменения кинетики роста первичных выделений дендритов. Обычно отмечают увеличение объема усадочной раковины при одновременном возрастании пористости и грубозернистости (в этом заключается одна из причин, заставляющих ограничивать перегрев металла перед заливкой).

Скорость охлаждения отливки изменяет ее кристаллическое строение – форму, размеры и разветвленность дендритов, а также размер структурных составляющих. Вследствие этого с увеличением скорости охлаждения возрастает плотность сплава, увеличивается объем усадочной раковины (за счёт сокращения пористости), несколько возрастает линейная усадка. большое значение имеет также направленность затвердевания отливки. При правильном построении этого процесса практически все усадочное изменение объема может быть сведено к наружной усадке или усадочной раковине, выведенной в прибыльную часть отливки.

Внешнее давление оказывает сильное влияния на перераспределение, усадочных пустот между порами и раковинной. Кристаллизация при повышенном давлении используется как технологический прием для снижения пористости и повышении плотности и герметичности отливок; наружная усадка при этом несколько возрастает.

Газонасыщенность металла обычно приводит к резкому увеличению пористости (газовой и газоусадочной) при одновременном уменьшении размеров усадочной раковины снижается также линейная усадка. Повышенное газосодержание резко ухудшает комплекс свойств металла и отливки и поэтому недопустимо.

Модифицирование сплавов приводит к измельчению зерна и структурных составляющих, уменьшает газонасыщенность и тем самым способствует повышению плотности сплава.

Усадочные поры и раковины в отливках

1. Усадка сплавов при охлаждении.

Все этапы охлаждения, т. е. понижения температуры жидкого сплава, процесс его кристаллизации и последующее охлаждение твердого сплава сопровождается уменьшением объема этого сплава или, как это принято называть, его усадкой (с увеличением объема могут протекать вторичные фазовые превращения в твердом сплаве). Усадка сплава

является причиной многих дефектов в отливках, поэтому служит предметом специального изучения. Усадка жидкого и кристаллизующегося сплава обуславливает образование в отливках незаполненных металлом полостей (усадочных раковин и пор). Уменьшение объема жидкого и кристаллизующегося сплава принято характеризовать коэффициентом ϵ_v объемного сжатия (объемной усадки). Усадка твердого сплава или сплава, находящегося в твердожидком состоянии, но уже получившего и сохраняющего определенные геометрические очертания, является причиной развития внутренних напряжений в отливке и образования в ней трещин. Усадку такого сплава принято характеризовать коэффициентом ϵ_l линейного сжатия (линейной усадки).

2. Усадочные раковины

Формирование отливки начинается с возникновения ее внешних контуров. Поверхностная твердая корка, образующая эти контуры, может представлять собой слой X_{ii} , если он сохранился после стадии II процесса охлаждения, или слой новых кристаллов, затвердевших у поверхности формы в начале стадии III. При открытой верхней поверхности отливки или слитка образование верхней твердой корки происходит в результате отвода теплоты в атмосферу. До появления твердой корки на отливке усадка проявляется в виде понижения уровня жидкого сплава в литейной форме. После образования и возникновения контура отливки размеры этого контура должны уменьшаться вследствие понижения его температуры. Жидкость, заключенная в контурной оболочке, претерпевает значительно большую усадку, так как она сначала должна отдать теплоту перегрева, затем закристаллизоваться и лишь потом остыть до температуры окружающей среды. После полного охлаждения отливки объем жидкости, заключенный в первоначальной твердой оболочке, уменьшится больше, чем объем, ограниченный внешними контурами всей отливки. Внутри, отливки окажутся усадочные полости, не заполненные металлом. Различают два вида усадочных полостей: усадочные раковины, представляющие собой относительно большие по размеру пространства, расположенные в тепловых центрах отливки, и усадочные поры – мелкие иногда не видимые невооруженным глазом пустоты, находящиеся на границах соприкосновения двух или нескольких кристаллов.

Механизм образования одной сосредоточенной усадочной раковины, на котором дана схематичная картина условий затвердевания слитка, имеющего квадратное, круглое или другое геометрически правильное сечение. В начале затвердевания образуется контурная

корки 1. В связи с тем, что объем возникшей твердой фазы меньше объема жидкости, затраченной на образование корки, уровень жидкости внутри слитка понижается до горизонтали 1. В следующий период времени затвердевает слой II, причем усадка, происходящая при кристаллизации, компенсируется понижением зеркала жидкости до уровня 2. В дальнейшем при затвердевании слоев III и IV уровень жидкости понижается соответственно до горизонталей 3 и 4.

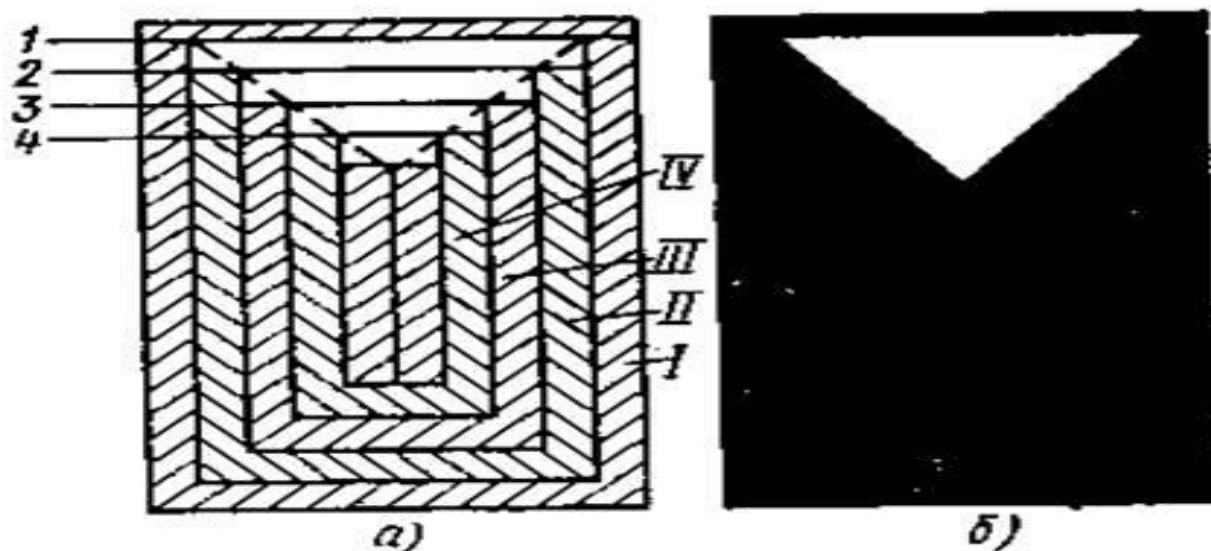


Рисунок 78. Образование усадочной раковины в отливке

В результате постепенного снижения уровня жидкости и одно- временного утолщения корки, ограничивающей объем этой жидкости, в верхней части отливки развивается усадочная раковина, которая, например, при литье цилиндрического слитка имеет форму близкую к конической. Схематический вид этой раковины показан на рис. 3, б. Правильная форма раковины может искажаться при изменении скоростей отвода теплоты через донную, боковые и верхнюю поверхности отливки. Образующая конуса становится при этом линией сложной кривизны. Иногда в процессе развития нижняя часть раковины затвердевает. В последствии под ней образуется вторая раковина. Отметим, что рассмотренная схема развития конической раковины наиболее полно характеризует затвердевание чистого металла или эвтектического сплава, не имеющих температурного интервала кристаллизации. Изменения, которые вносит в схему наличие у заливаемого сплава интервала кристаллизации, будут рассмотрены ниже.

Фасонные отливки отличаются от слитков возможностью развития в них не одной а нескольких усадочных раковин. Действительно, в том случае, иногда отливка состоит из нескольких массивных частей, соединенных между собой сравнительно тонкими стенками,

эти стенки, успеют затвердеть раньше, чем произойдет кристаллизация в массивных частях, и для каждой отдельной массивной части окажется справедливой та схема, которая была рассмотрена применительно к слитку. Внутри каждой массивной части окажется своя собственная усадочная раковина. Пример фасонной отливки, в которой должны образоваться две усадочных раковины. Естественно, что отливка с усадочной раковиной в сечении в большинстве случаев непригодна к употреблению, так как её прочность и некоторые другие служебные качества (например, герметичность) резко снижаются. Поэтому при изготовлении отливок стремятся вывести усадочную раковину в специальный дополнительный объем, который добавляют к рабочему телу отливки, изменяя таким образом ее конфигурацию. Этот объем, называемый прибылью, затем отрезают. На рисунке, а дана простейшая цилиндрическая отливка (слиток) с прибылью, на рис. 5,б – фасонная отливка с двумя прибылями

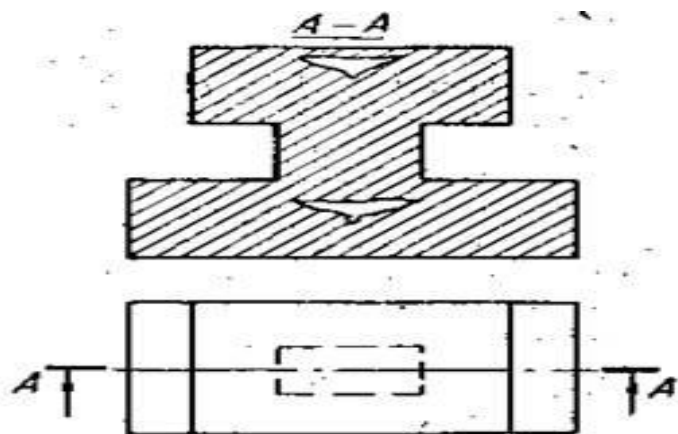


Рисунок 79. Отливка с двумя усадочными раковинами.

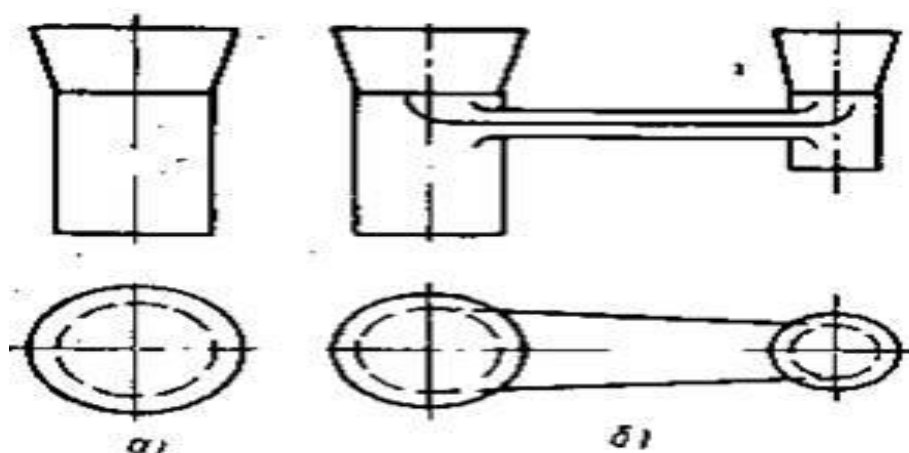


Рисунок 80. Отливки: а- с одной прибылью, б – с двумя прибылями.

Усадочная раковина располагается во внутренней части прибыли, занимая лишь часть ее объема, поэтому для устройства прибылей на отливках необходимо затратить дополнительное количество жидкого сплава. Отрезанные прибыли затем переплавляют, что помимо дополнительных денежных затрат приводит к ухудшению качества шихтовых материалов. Последнее обстоятельство требует пояснения. Прибыль должна быть сконструирована таким образом, чтобы жидкий сплав сохранялся в ней более продолжительное время, чем требуется на затвердевание рабочей части отливки, так как только при соблюдении этого условия жидкость из прибыли сможет впитаться в продолжающую кристаллизацию двухфазную область основного тела отливки и компенсировать происходящую там усадку. В соответствии с принятой в литейных цехах терминологией говорят, что прибыль должна обеспечивать питание сплава, затвердевающего в отливке. Вследствие того, что сплав находится в прибыли в жидком состоянии продолжительное время, активные примеси в нем могут дезактивироваться и кристаллическая структура сплава в прибыли окажется крупнозернистой. При переплавке прибылей через непродолжительное время после их отрезки новые отливки могут наследовать эту неблагоприятную структуру. Таким образом, экономические и технические соображения заставляют стремиться к уменьшению числа и размеров прибылей. Число прибылей на фасонной отливке можно уменьшить, если воспрепятствовать затвердеванию тонких стенок между массивными частями отливки или ускорить кристаллизацию одной из этих частей с тем, чтобы она затвердевала первой и питалась (т. е. получала жидкий сплав для компенсации усадки) от тонкой стенки, а затем затвердевала тонкая стенка, питаясь от второй массивной части, и лишь потом происходила бы кристаллизация в этой второй массивной части. При таком порядке затвердевания можно поставить прибыль только у второй массивной части, затвердевающей последней, и вывести в эту прибыль усадочную раковину. Нужной последовательности затвердевания различных частей отливки можно достигнуть разными путями: правильным выбором места подвода горячего жидкого металла к полости формы, постановкой холодильников, т. е. металлических вставок, которые на отдельных участках поверхности формы заменяют формовочную смесь, правильным выбором толщины этих холодильников и т.д. Технологические приемы, обеспечивающие затвердевание отдельных частей отливки в заданной последовательности, рассматривают в курсе «Теория и технология литейной формы». Следует стремиться к последовательному затвердеванию сплава от одного из ее краев в направлении к прибыли или, если это необходимо, к нескольким прибылям, число которых должно быть минимальным. Направленное затвердевание отливки целесообразно осуществлять снизу

вверх, так как кроме капиллярных сил, вызывающих впитывание жидкости из прибыли в затвердевающую отливку, этому впитыванию будет содействовать сила тяжести сплава. Целесообразно не только уменьшение числа, но и размеров прибылей. При определенной величине усадочной раковины это равнозначно увеличению относительного объема, занимаемого раковиной внутри прибыли, и уменьшению количества металла, поступающего затем на переплав. Размеры прибылей можно уменьшить за счет выбора их оптимальной конфигурации, в частности, прибылям часто придают форму усеченного конуса, обращенного большим основанием кверху. Относительный объем раковины в прибыли (т. е. отношение объема раковины к объему прибыли увеличивается при уменьшении толщины затвердевших стенок прибыли, отделяющих раковину от формы. Это обуславливает целесообразность мер, направленных к тому, чтобы отвод теплоты от стенок прибыли к форме был минимальным. В практике применяют подогрев части формы, образующей прибыли, в частности, эту часть формы делают иногда из так называемых экзотермических формовочных смесей, содержащих вещества, которые при высоких температурах способны химически реагировать между собой и выделять при этом дополнительное количество теплоты. Часто на практике в прибыль дополнительно заливают жидкий сплав (через некоторое время после заполнения формы). Дополнительную заливку производят в момент, когда корка на верхней поверхности прибыли еще тонка или ее вообще нет и уровень жидкого сплава в прибыли вследствие усадки уже понизился. Дополнительная заливка повышает температуру сплава, находящегося в прибыли.

Для улучшения условий проникновения жидкого сплава из прибыли к местам кристаллизации иногда к зеркалу сплава в прибыли прикладывают внешнее давление, об этом подробнее будет сказано ниже.

3. Усадочные поры

Условия питания кристаллизующегося сплава усложняются, если он затвердевает в интервале температур. Жидкость, компенсирующая укладку, должна доставляться в этом случае не к фронту кристаллизации, а к местам кристаллизации в глубине двухфазной зоны. Жидкий сплав в эту зону проникает, как было показано, под действием капиллярного давления. Жидкий сплав внутрь двухфазной области перемещается весьма интенсивно, до тех пор, пока эта область, имеющая капиллярно-пористое строение, соприкасается с обособленной зоной жидкого сплава в центре отливки. Выше было установлено, что

интенсивное циркуляционное движение жидкого сплава внутри двухфазной зоны сильно замедляется после конца стадии процесса затвердевания. Это замедление касается внутренней зоны не полностью затвердевших кристаллов. Таким образом, до конца стадии затвердевания и формирования структурной зоны (при литье однофазных твердых растворов – области столбчатых кристаллов) питание сплава протекает обычным путем. Уровень жидкости во внутренней части отливки постепенно снижается, образуя усадочную раковину, а сплав, компенсирующий усадку, доставляется к поверхностям растущих кристаллов под действием капиллярных сил. Жидкость, обогащенная ликватами и возвращающаяся в центр отливки, не может уменьшить усадочной раковины, так как часть жидкости, проникшая в двухфазную область, израсходована на восполнение объема сплава, подвергшегося усадке при кристаллизации. Контакт с обособленной зоной подвижной жидкости, имеющей постоянный средний состав, теперь отсутствует, так как эта зона в стадии процесса охлаждения отливки исчезает. Сохраняющееся замедленное движение жидкости объясняется тем, что в двухфазной области продолжают существовать каналы, расширяющиеся к центру отливки, и жидкость, содержащая много ликватов и плохо смачивающая твердые кристаллы, вытесняется жидкостью, содержащей несколько меньшее количество ликвирующих элементов. В период формирования структурной зоны (зоны равноосных кристаллов) усадочная раковина практически развиваться не может, так как уровень жидкости должен теперь снижаться между зернами твердой фазы, начавшей расти у границ усадочной раковины в момент конца стадии затвердевания и начала стадии процесса охлаждения. Естественно, что в этих очень изменившихся условиях питание продолжающих расти кристаллов оказывается недостаточным, и сплав в третьей структурной области оказывается пористым. Таким образом, при литье сплавов, затвердевающих в интервале температур, в отливке одновременно образуются и усадочные раковины и усадочные поры. Распределение общего объема усадочных полостей между раковинами и порами можно рассчитать по соотношению объемов плотного и пористого металлов. Это соотношение, зависит от эффективной величины интервала кристаллизации сплава и интенсивности охлаждения отливки. На рис. 6 дан график, характеризующий относительные объемы усадочных раковин и усадочных пор, выраженные в долях общего объема усадочных полостей, которые образуются в бинарных алюминиево-медных сплавах разного состава.

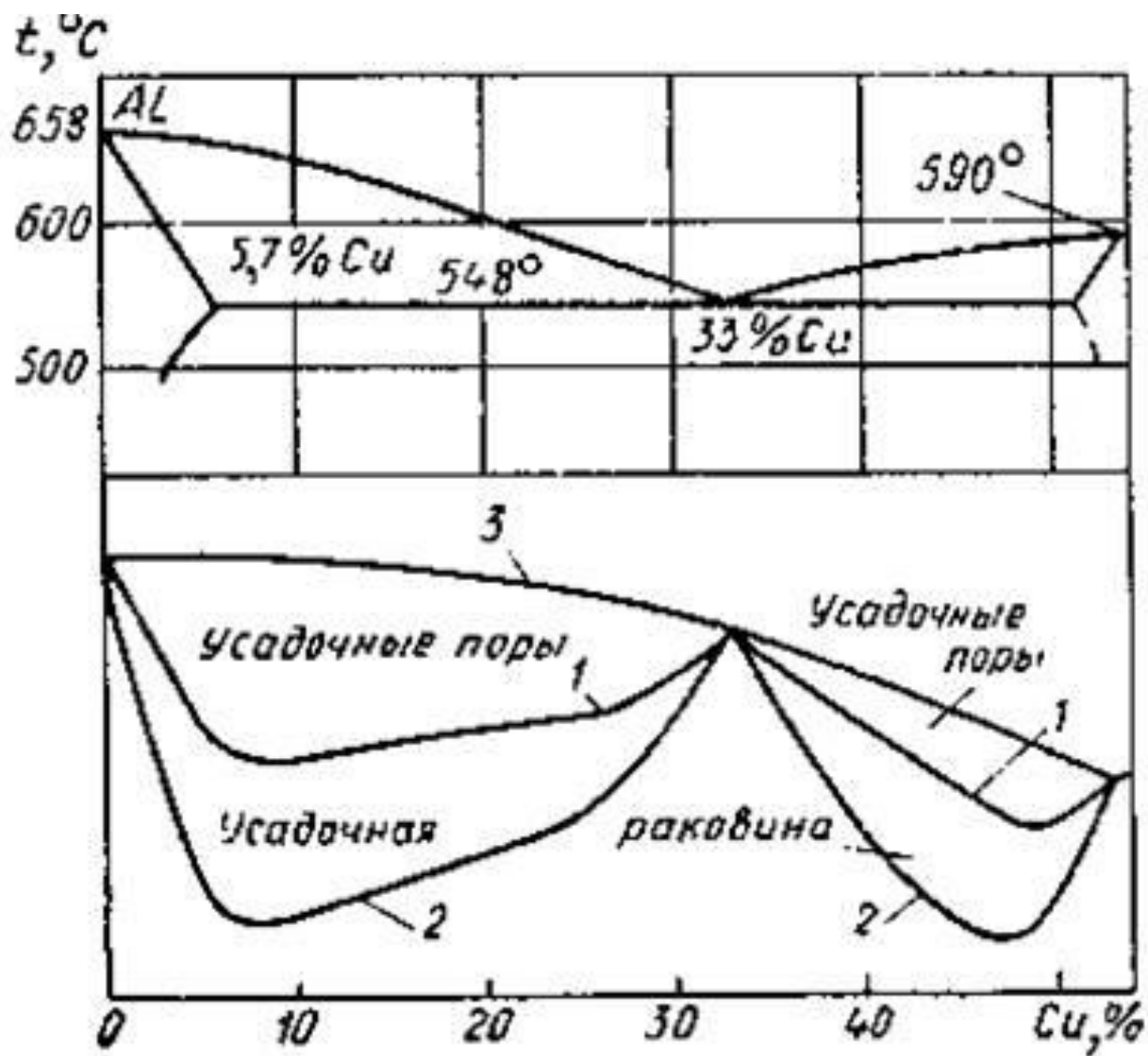


Рисунок 81. Распределение объема усадочных полостей между усадочными раковинами и усадочными порами: 1 – при повышенной интенсивности охлаждения; 2 – при пониженной интенсивности охлаждения; 3 – общий объем усадочных полостей (раковин и пор).

Усадочная пористость, развивающаяся в центральной структурной зоне отливок, является причиной их не герметичности. Впервые недостаточная плотность сплавов, кристаллизующихся в широком интервале температур, была отмечена А. Портевенном и П. Бастиеном. Позднее академик А. А. Бочвар и его сотрудники подтвердили это наблюдение. Академику А. А. Бочвару принадлежит заслуга выявления взаимосвязей между составом сплава и его положением на диаграмме состояния, с одной стороны, и различными свойствами этого сплава, – с другой (жидко-текучесть, склонность к транскристаллизации, герметичность, склонность к прямой и обратной ликвации и др.). Герметичность сплавов изучали следующим образом.: Из отдельных сплавов, относящихся к бинарной системе Al –

Cu, отливали плоские пластины толщиной 30 мм. Во всех случаях перед заливкой сплав перегревали на одинаковое число градусов над температурой ликвидуса. Все отливки охлаждали в идентичных условиях. После охлаждения к одной из сторон пластины подвели керосин под давлением 50 ат. Визуальным наблюдением за противоположной стороной пластины устанавливали, протекает или не протекает керосин сквозь отливку. Если керосин не протекал, на токарном станке с обеих сторон пластины снимали слой толщиной 1 мм и опыт с керосином повторяли. Снятие слоев с обеих сторон пластины и пробу на герметичность повторяли до тех пор, пока на открытой стороне отливки не появлялись мелкие капли керосина (отпотевание). Опыты, в которых обнаруживали течь керосина в виде струи, отбрасывались, так как это указывало на наличие трещин в сплаве. По оси ординат отложена герметичность, которую считали тем выше, чем больше было снято слоев с отливки до обнаружения течи и чем тоньше оказывалась оставшаяся после механической обработки пластина. Был сделан вывод о высокой герметичности чистых металлов и эвтектических сплавов и о низкой герметичности сплавов, кристаллизующихся в широком интервале температур.

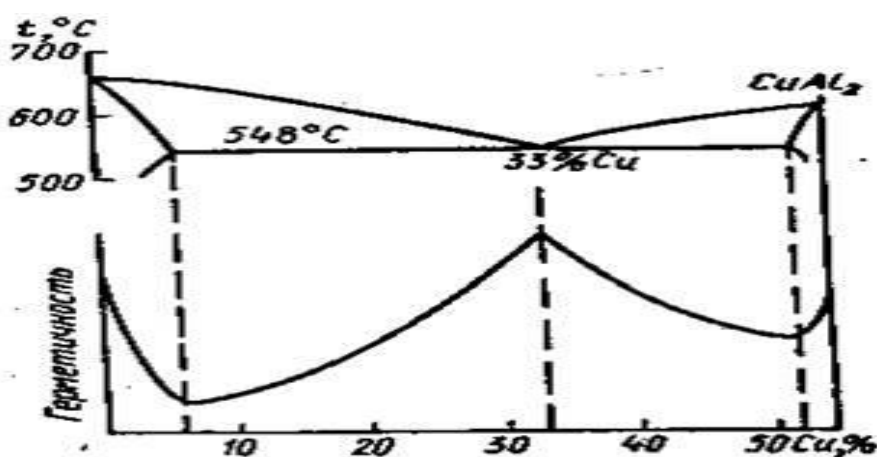


Рисунок 82. Герметичность отливок, изготовленных из алюминиево-медных сплавов

Борьба с усадочными порами в отливках представляет собой задачу более сложную, чем борьба с усадочными раковинами. В последнем случае ликвидация последствий усадки связана главным образом с дополнительными экономическими затратами на устройство, отрезку, хранение, транспорт и переплав прибылей. Ликвидация же пористости не всегда возможна по техническим соображениям. Часто принимаемые на практике меры не устраняют пористости, а лишь уменьшают ее. Полная ликвидация в отливке дефектной пористой зоны может быть достигнута при выведении в прибыль всей структурной зоны. Здесь следует напомнить, что в рассмотренном ранее примере затвердевания плоской

отливки термический ее центр совпадал с осевой плоскостью, в то время как в реальных отливках различных конфигураций тепловой центр и усадочная раковина находятся вне точки симметрии, а структурная зона 3 необязательно развивается в объеме, границы которого параллельны поверхности отливки. Во всех случаях центральная зона, отличающаяся равноосным кристаллическим строением, положительной ликвацией и пористостью, прилегает к усадочной раковине. Выведение структурной зоны в прибыль может резко увеличить ее размеры и уменьшить удельный объем усадочных полостей во всем занимаемом ею пространстве. Иногда вывести пористую зону в прибыль вообще невозможно, так как в эта зона может занимать весь или почти весь объем отливки. Сравнительно широко распространен способ уменьшения усадочной пористости путем удлинения периода, в течение которого может развиваться усадочная раковина. Приложение к жидкому сплаву, находящемуся в прибыли, внешнего давления может заставить его продолжать питать двухфазную область (образующую впоследствии структурную зону) и после начала роста твердых кристаллов на границе усадочной раковины при условии, конечно, что этот рост не успел вызвать образования сплошной твердой корки. Для создания давления на сплав, находящийся в прибыли, можно подвести к ней сжатый воздух или соединить полость прибыли, отделенную от внешней среды твердой коркой, с воздушной атмосферой и т. д. Иногда в прибыли закладывают патроны, наполненные мелом; после герметизации прибыли, происходящей за счет образования внешней корки, патрон, толщину стенок которой соответствующим образом рассчитывают, разрушается, и мел в условиях высокой температуры разлагается по уравнению $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$. Давление CO_2 в прибыли при соответствующем размере патрона может достигать 2 – 3 ат, что, естественно, содействует проникновению жидкого сплава в продолжающую затвердевать часть отливки.

Тема: Ликвация в отливках

Одним из недостатков в литейных свойствах металлических сплавов являются ликвационные явления, имеющие место в литых изделиях. При центробежном литье ликвационные явления не устраняются, наоборот, иногда усиливаются и носят специфический характер. Эта специфика выражается в том, что в центробежных отливках наряду с обратной ликвацией и ликвацией, обусловленной разницей в удельных весах компонентов, имеет место зональная ликвация.

В отличие от обычной зональной ликвации, которая при стационарном литье оценивается по

содержанию легкоплавкой составляющей в поверхностном слое или в средней части отливки, в центробежной отливке этот тип ликвации проявляется в виде концентрации ликвирующих элементов в отдельных зонах по радиальному сечению отливки.

Исследуя зональную ликвацию на сплавах, Нордкотт пришел к выводу, что зональная ликвация имеет место как при больших, так и при малых скоростях вращения формы.

Образование зональной ликвации при малых скоростях вращения формы автор объясняет большим отставанием скорости вращения металла от скорости вращения формы; при больших скоростях вращения зональная ликвация является следствием вибрации.

Однако выводы автора находятся в противоречии с его собственными экспериментальными данными, так как зональная ликвация установлена автором только на сплавах систем $Al - Cu$ и $Cu - Sn$, в то время как на сплавах системы $Cu - Zn$ зональная ликвация автором не установлена. Нордкотт не устанавливает связи зональной ликвации, так же как и ликвации вообще, с составом сплава и характером первично выпадающих фаз в процессе кристаллизации.

На зависимость ликвационных явлений от состава сплава указывает Н. Н. Рубцов, считая, что наиболее подходящими для центробежной отливки являются эвтектические сплавы и сплавы, состоящие только из твердых растворов. В любом сплаве, говорит Н. Н. Рубцов, при литье центробежным способом, ликвация будет тем меньшей, чем меньше интервал кристаллизации и чем меньше разница в удельных весах первичных кристаллов и жидкости. Чтобы можно было судить о конкретной зависимости ликвационной неоднородности от состава сплава и скорости вращения формы, рассмотрим экспериментальные данные исследованных нами сплавов системы $Al - Si$. При оценке ликвационной неоднородности мы не рассматриваем внутридендритной ликвации, так как этот вид ликвации легко объясняется диаграммой состояния сплавов этой системы и легко может быть устранен с помощью гомогенизации.

Полученные данные позволяют установить определенную зависимость в распределении кремния по радиальному сечению отливки, которая выражается в следующем:

- 1) на всех отливках из доэвтектических сплавов содержание кремния на наружной поверхности больше, чем на внутренней, что указывает на ярко выраженную обратную ликвацию. Разница в содержании кремния между наружной и внутренней поверхностью тем больше, чем больше содержание кремния в сплаве;
 - 2) с увеличением скорости вращения формы обратная ликвация уменьшается.
- Сопоставление полученных данных с диаграммой состояния показывает, что обратная ликвация тем больше, чем меньше отношение твердой фазы к жидкой в момент начала

линейной усадки.

Сплавы, кристаллизующиеся при избытке жидкой фазы, дают большую обратную ликвацию, чем сплавы, которые образуют сплошной кристаллический каркас при определенном отношении твердой и жидкой фаз. Таким образом, обратная ликвация при центробежном литье связана не с общим интервалом кристаллизации, а с той частью его, которая ограничена кривой начала линейной усадки и линией солидуса.

Отливки из сплава с 1,5% кремния показывают меньшую ликвацию, чем сплавы с 3% кремния и тем более сплавы с 8%. Интенсивность обратной ликвации при центробежном литье зависит не только от интервала, ограниченного кривой начала линейной усадки и линией солидуса, но и от характера первично выпадающих фаз.

Интенсивность обратной ликвации определяется не только составом сплава и характером выпадающих фаз, но и скоростью кристаллизации. Для уяснения механизма образования обратной ликвации напомним, что при центробежном литье в металлические формы имеет место строго направленный процесс кристаллизации, а поступление жидкого металла в форму происходит навстречу движущемуся фронту кристаллизации. При этом не упускаем из виду, что на металл действует центробежная сила, под действием которой движение частиц жидкого металла происходит с тем большей скоростью (так же как и выпавших кристаллов), чем больше скорость вращения формы.

Представим себе две возможные схемы кристаллизации:

1 Процесс кристаллизации начинается тогда, когда форма пиком будет заполнена жидким металлом и внутри объема жидкого металла происходит выпадение первичных кристаллов соответствии с диаграммой состояния.

2 Процесс кристаллизации начинается до окончания заливки, и движение фронта кристаллизации происходит навстречу движущемуся потоку жидкого металла.

В первом случае направление движения кристаллов и жидкости будет определяться известной формулой Фета. Приведенная формула Фета дает возможность судить о ликвации, вызванной разницей в удельных весах кристаллических фаз и оставшегося маточного раствора. Однако обратная ликвация, и тем более зональная, формулой Фета не может быть объяснена.

При кристаллизации доэвтектических силуминов первично выпадающей фазой является алюминий, который по удельному весу больше остающейся жидкости при данной температуре. Следовательно, нужно ожидать обогащения наружной поверхности первично выпадающими кристаллами алюминия. Причем обогащение должно быть тем больше, чем медленнее скорость кристаллизации и чем больше центробежная сила. Последняя возрастает

с увеличением скорости вращения формы.

При очень медленной скорости охлаждения можно получить полное разделение фаз и обогащение внутренней поверхности легкоплавкой составляющей. Однако по мере нарастания твердой фазы от периферии к центру происходит сокращение объема кристаллов и образование зазора между ними, вследствие чего происходит заполнение образующихся пустот маточным раствором, обогащенным легкоплавкой составляющей, что приводит к образованию обратной ликвации.

Заполнение образующихся пустот будет тем полнее, чем меньшее сопротивление будет испытывать жидкость на своем пути. Последнее будет определяться характером первично выпадающих фаз. Чем более ярко выражена дендритная форма первично выпадающих фаз и чем сильнее они разветвлены, тем большие затруднения испытывает маточный раствор при заполнении образующихся пустот, тем меньшей получается обратная ликвация и тем большей склонность сплавов к образованию зональной ликвации. Этим и объясняется тот факт, что сплавы с 1,5% кремния дают меньшую обратную ликвацию, чем сплавы с 3% кремния.

В действительных условиях процесса центробежного литья кристаллизация происходит по второй схеме. При этом процессе разделение фаз в поверхностном слое не успевает совершиться, как поверхностный слой уже закристаллизуется. Разделение фаз становится возможным лишь тогда, когда процесс кристаллизации замедлится и скорость нарастания твердого слоя будет отставать от скорости наращивания слоя жидкого металла. В этом случае процесс кристаллизации будет протекать в соответствии с первой схемой кристаллизации. Таким образом, говоря о направленной кристаллизации или о скорости нарастания твердого слоя, следует устанавливать, за счет чего происходит направленный фронт кристаллизации. Если направленный процесс кристаллизации происходит за счет усиленной скорости охлаждения и фиксации в связи с этим среднего состава сплава в кристаллизующем слое, то движение жидкости по междендритным каналам будет усиливать обратную ликвацию в доэвтектических силуминах и приводить к обогащению поверхностных слоев кремнием.

Если направленный процесс кристаллизации или нарастание твердого слоя происходит за счет первично выпавших кристаллов, что возможно при очень замедленной скорости кристаллизации, или тогда, когда охлаждение с внутренней поверхности идет интенсивнее, чем с наружной (для доэвтектических сплавов), то движение жидкости по междендритным каналам будет приводить лишь к выравниванию состава сплава в поверхностных слоях и обратная ликвация будет выражена меньше. Промежуточные положения будут давать

промежуточные значения обратной ликвации. Следовательно, чем меньше скорость кристаллизации, тем меньше должна быть и обратная ликвация. По этим причинам повышение температуры формы, теплосодержания сплава, а также увеличение скорости литья и увеличение толщины стенки отливки должны уменьшать обратную ликвацию. Экспериментальные данные зависимости обратной ликвации от температуры формы и скорости заливки подтверждают изложенные положения. Таким образом, полученные экспериментальные данные позволяют утверждать, что при заливке в металлическую форму в поверхностном слое мы фиксируем средний состав сплава, отвечающий диаграмме состояния. Но в силу образования межкристаллитной пористости за счет сокращения объема кристаллов происходит заполнение этих пустот маточным раствором, что приводит к обогащению кремнием наружной поверхности отливки во всех доэвтектических сплавах. Экспериментальные данные зависимости обратной ликвации от скорости вращения формы подтверждают сказанное.

1. Во всех исследованных сплавах имеет место обратная ликвация.
2. Причиной, вызывающей обратную ликвацию, является движение жидкости по междендритным каналам в закристаллизовавшемся слое под действием центробежной силы.
3. Интенсивность обратной ликвации определяется составом сплава и характером первично выпадающих фаз. Она уменьшается при ярко выраженном дендритном строении первично кристаллизующейся фазы и при большей разветвленности их. На интенсивность обратной ликвации влияет не только характер первично выпадающих фаз, но и количественное соотношение их, при котором образуется сплошной скелет слитка. Чем меньше отношение твердой фазы к жидкой в момент образования кристаллического каркаса, тем больше обратная ликвация.
4. Интенсивность обратной ликвации находится в прямой зависимости от скорости кристаллизации, если последняя связана с фиксацией среднего состава сплава в кристаллизующемся слое.

Уменьшение скорости кристаллизации приводит к уменьшению обратной ликвации.

Присутствие железа в сплаве уменьшает обратную ликвацию.

Уменьшение обратной ликвации кремния с увеличением содержания железа в сплаве объясняется образованием кристаллического скелета из иглообразной железосодержащей фазы, которая служит основой кристаллического скелета в процессе кристаллизации.

Справедливость данного рассуждения становится тем более вероятной, что удельный вес железосодержащей фазы в интервале кристаллизации, по данным Сергеева, составляет 3,35 г/см³. В силу этого концентрация железосодержащей фазы будет иметь место в наружных

слоях, образуя кристаллический каркас из иглообразной железной составляющей, которая будет препятствовать движению жидкости к наружным слоям и ослаблять обратную ликвацию.

Полученные данные по исследованию обратной ликвации в алюминиево-кремниевых железных сплавах служат достаточным подтверждением справедливости данного выше объяснения о влиянии дендритной формы первично выпадающих фаз на интенсивность обратной ликвации.

Тема: Газы в отливках

Ранее было рассмотрено взаимодействие металлических расплавов с различными газами и отмечено, что далеко не всегда поглощенные расплавом газы при дальнейшем охлаждении и кристаллизации выделяются из раствора в виде газообразных веществ. Нередко газы остаются в растворе или связываются в соединения, образующие самостоятельные фазовые составляющие в твердом металле.

В данном параграфе будут рассмотрены лишь случаи, когда в еще жидкой или

затвердевающей отливке появляются газовые пузыри, образующие в литом металле газовую пористость.

Главная причина появления равномерно распределенных газовых пор примерно одинакового размера состоит в выделении из расплава при его кристаллизации растворенных газов. Это выделение вызывается снижением растворимости газов при кристаллизации металлических расплавов. Появляющиеся газовые пузырьки не имеют возможности всплыть, так как запутываются в каркасе дендритов и вообще, по-видимому, возникают не столько в расплаве, сколько на растущих кристаллах и удерживаются на них поверхностными силами. Замедленное охлаждение отливки способствует выделению газов, если исходный расплав достаточно газонасыщен. В сплавах с большим интервалом кристаллизации газовая пористость появляется в большем количестве, чем в сплавах с узким интервалом кристаллизации, поскольку облегчаются условия выделения газов и затрудняется всплытие газовых пузырьков. Газовые поры при этом не имеют столь правильной формы, как на рис. 26; они по форме больше похожи на усадочные. Вообще усадочные поры всегда в известной мере заполнены выделившимися газами. Поэтому пористость в отливках часто называют газоусадочной.

Главным газом, образующим поры в отливках, является водород. Этот газ образует поры в отливках из магниевых, алюминиевых, медных, никелевых сплавов, в стальных и чугунных отливках. Пористость, вызванная азотом, встречается в отливках из никелевых сплавов, в стальных и чугунных отливках. В отливках из меди и некоторых ее сплавов обнаруживаются поры, образованные сернистым газом. В отливках из углеродистых сталей и никелевых сплавов встречается пористость, образованная оксидом углерода. Обычно в порах обнаруживается не один газ, а несколько, причем более 80—90 % по объему составляет водород.

Условия охлаждения отливки очень сильно сказываются на вероятности образования газовой пористости. При интенсивном охлаждении большая часть растворенных газов может остаться в растворе, и отливка будет плотной без пористости. Медленное охлаждение отливок при затвердевании всегда сопровождается опасностью образования газовой пористости.

Газы, оставшиеся в растворе, могут оказать вредное действие на твердый металл. Особенно опасны газы в слитках, подвергаемых пластической деформации, поскольку являются причиной таких видов брака, как расслоения и трещины в деформированных полуфабрикатах.

Самая действенная мера борьбы с газовой пористостью — наиболее тщательная дегазация

исходного расплава. Возможно также подавить выделение газов из раствора при кристаллизации, не допустить образования газовых пор и оставить газы в растворе. Это, конечно, целесообразно делать, если оставшиеся в растворе газы не оказывают вредного действия на свойства отливки. При рассмотрении дегазации расплавов было показано, что уменьшение внешнего давления вызывает выделение газов из раствора. Очевидно, что повышение внешнего давления должно действовать в обратном направлении.

Действительно, кристаллизация многих газонасыщенных сплавов под давлением в $(4/5) \cdot 10^5$ Па нацело подавляет выделение газов из раствора. Этот способ, названный кристаллизацией под давлением, применяют для получения плотных отливок большой массы из алюминиевых сплавов в песчаных формах. Внешнее давление при этом оказывает свое благотворное действие, не только подавляя выделение газов, но и улучшая питание отливки, которое обеспечивается затеканием расплава под действием давления в усадочные поры.

В отливках иногда возникает так называемая сотовая пористость. Это происходит при литье сплавов с малым интервалом кристаллизации и при большом содержании газов. Сотовые поры обычно располагаются в зоне столбчатых кристаллов. Они представляют собой длинные каналы диаметром до 5 мм, вытянутые в направлении роста кристаллов.

Происхождение сотовой пористости таково. Затвердевание отливок из сплавов без заметного интервала кристаллизации происходит послойно. На растущих столбчатых кристаллах появляются газовые пузырьки. В каждый возникающий пузырек непрерывно поступают новые количества газа из кристаллизующегося металла. Так как пузырек «сидит» на растущем кристалле, он перемещается вместе с фронтом кристаллизации.

Диаметр пузырька не увеличивается, несмотря на приток газа, так как за пузырьком в кристалле остается канал. Этот канал и является сотовой порой. Сотовая пористость появляется в слитках сплавов на основе меди, никеля, серебра. Она образуется водородом. В слитках кипящей стали и фасонных стальных отливках при недостаточном раскислении возникает сотовая пористость, образованная оксидом углерода.

Газовые пузырьки в отливках могут возникать также вследствие механического захвата расплавом воздуха и газов при заполнении литейной формы. Такие пузырьки имеют окисленную внутреннюю поверхность и распределены в отливке беспорядочно. Подобной пористостью поражены, как правило, отливки, полученные под давлением, когда заполнение литейной формы происходит при очень больших линейных скоростях — до 20—50 м/с.

Газовые раковины в отливке образуются при нарушении газового потока в форме, т. е. тогда, когда газовые пузырьки с поверхности формы проникают в жидкий металл отливки и

не успевают выйти из него до кристаллизации. В залитых металлом оболочковых формах возникает значительное газовое давление (за счет бурного горения смолы), величина которого зависит от вида смолы и резко изменяется во времени и имеет два максимума. Первый максимум (рис. 149) появляется сразу же после покрытия металлом всей поверхности формы, а второй — некоторое время спустя. Появление первого максимума (газового удара) обусловлено тем, что в момент контакта металла с формой наблюдается наибольшая скорость газовой выделения. Этот максимум наиболее опасен с точки зрения образования газовых раковин, так как металл в это время находится в жидком состоянии, а металлостатический напор может оказаться недостаточным. Если при заливке форм металлом рост величины металлостатического напора будет отставать в момент «газового удара» от роста давления газов, то в отливках будут образовываться крупные газовые пузыри. При заливке формы металлом с температурой на нижнем пределе на поверхности отливки наблюдается образование мелких газовых раковин. Если давление газа в первом максимуме очень высокое, то в отливках могут появляться газовые раковины типа «вскипа». Появление второго максимума газовой выделения объясняется тем, что после заливки формы металлом происходит значительное падение газопроницаемости смеси вследствие увеличения вязкости газов, коксуемости смолы в порах формовочной смеси и конденсации летучих при сгорании смолы. В тех случаях когда появление второго максимума происходит после затвердевания отливки, он не будет влиять на образование газовых раковин. Но если отливка еще не затвердела к моменту образования второго максимума, то в ней может произойти образование раковин. Если отливка будет иметь уже затвердевшую корочку, но еще недостаточно прочную, то под давлением газов эта корочка может деформироваться с образованием поверхностных газовых раковин. Для устранения дефектов отливок по газовым раковинам необходимо уменьшать газотворную способность песчано-смоляной смеси, улучшать вентиляцию формы и стержней и обеспечивать рациональный режим заливки форм (с определенным статическим давлением и оптимальной температурой металла).

Тема : Кристаллизация сплавов в форме. Внутренние напряжения в отливках

В зависимости от температуры любое вещество (система) может быть в твердом, жидком или в газообразном состояниях. В физической химии системой называют совокупность индивидуальных веществ (химические элементы, независимые химические соединения), между которыми или частями которых обеспечена возможность обмена энергией, а также процессов диффузии.

Вещества, которые образуют систему, называются компонентами системы. Компоненты в системе присутствуют в разных фазах.

Фазой называется однородная часть системы, ограниченная от других частей системы поверхностью раздела, при переходе через которую свойства изменяются скачком.

Процесс перехода из жидкого или газообразного состояния в твердое, в результате чего образуется кристаллическая решетка и возникают кристаллы, называется кристаллизацией.

Чем объясняется существование при одних температурах жидкого, а при других температурах твердого состояния и почему превращение происходит при строго определенных температурах?

В природе все самопроизвольно протекающие превращения, а следовательно, кристаллизация и плавление обусловлены тем, что новое состояние в новых условиях является энергетически более устойчивым, обладает меньшим запасом энергии.

Энергетическое состояние системы, имеющей огромное число охваченных тепловым движением частиц (атомов, молекул), характеризуется особой термодинамической функцией (F), называемой свободной энергией, которая определяется:

$$F = U - TS, \quad (25)$$

где U – внутренняя энергия системы;

T - абсолютная температура;

S - энтропия

Можно сказать, что чем больше свободная энергия системы, тем система менее устойчива, и если имеется возможность, то система переходит в состояние, где свободная энергия меньше.

С изменением внешних условий, например температуры, свободная энергия системы изменяется по сложному закону, но различно для жидкого и твердого состояний.

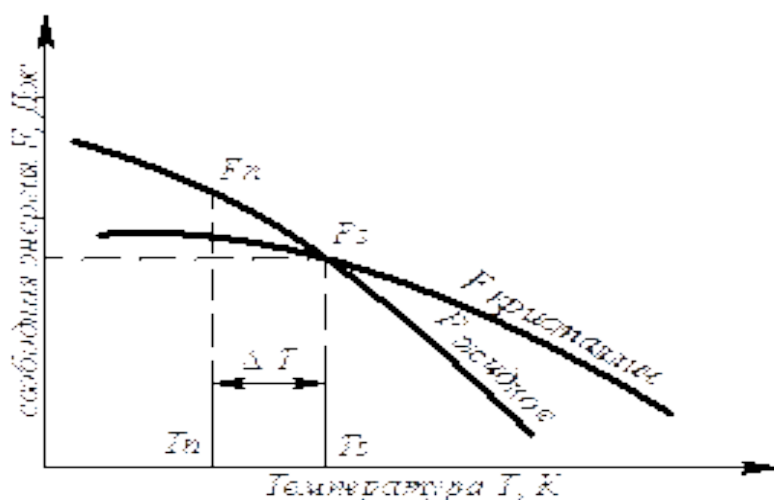


Рисунок 83. Изменение свободной энергии жидкого и кристаллического состояний в зависимости от температуры

Выше температуры T_s меньшей свободной энергией обладает вещество в жидком состоянии, ниже T_s – вещество в твердом состоянии. Следовательно, выше T_s вещество должно находиться в жидком состоянии, а ниже T_s – в твердом, кристаллическом. Очевидно, что при температуре, равной T_s свободные энергии жидкого и твердого состояний равны, металл в обоих состояниях находится в равновесии. Эта температура T_s и есть равновесная или теоретическая температура кристаллизации. Однако, при T_s $F_{ж} = F_{кр}$, и процесс кристаллизации (плавления) не может идти, так как при равенстве свободных энергий обеих фаз плавление (кристаллизация) не будут сопровождаться уменьшением свободной энергии. Для начала кристаллизации необходимо, чтобы процесс был термодинамически выгоден системе и сопровождался уменьшением свободной энергии системы. Их кривых видно, что это возможно только тогда, когда жидкость будет охлаждена ниже точки T_s . Температура, при которой практически начинается кристаллизация, может быть названа фактической температурой кристаллизации. Охлаждение жидкости ниже температуры кристаллизации называется переохлаждением. Обратное превращение из кристаллического состояния в жидкое может произойти только выше температуры T_s , это явление называется перенагреванием. Величиной или степенью переохлаждения называют разность между теоретической и фактической температурами кристаллизации $T = T_s - T_{ф}$. Процесс перехода металла из жидкого состояния в кристаллическое можно изобразить кривыми в координатах время – температура.

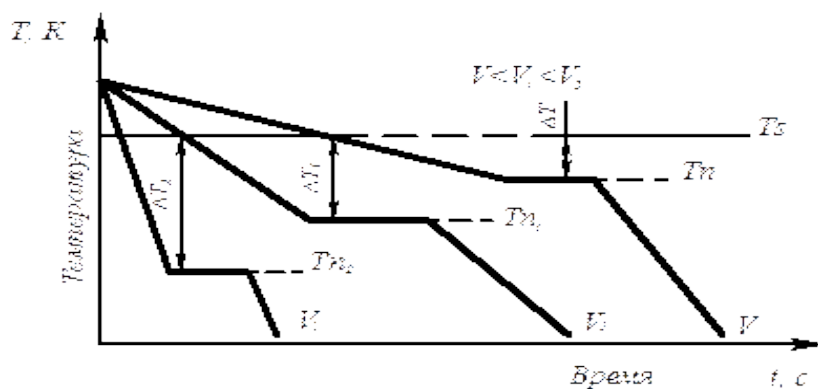


Рисунок 84. Кривые охлаждения, полученные при кристаллизации металла

Охлаждение металла в жидком состоянии сопровождается плавным понижением температуры и может быть названо простым охлаждением, так как при этом нет качественного изменения состояния. При достижении температур кристаллизации на кривой температура – время появляются горизонтальные площадки (рис.3.2), так как отвод тепла компенсируется выделяющейся при кристаллизации скрытой теплотой кристаллизации.

Механизм процесса кристаллизации

Процесс кристаллизации состоит из двух элементарных процессов. Первый процесс заключается в зарождении мельчайших частиц кристаллов, которые называются зародышами или центрами кристаллизации. Второй процесс состоит в росте кристаллов из этих центров. Модель кристаллизации металла в первые 7 секунд охлаждения представлена схемой процесса кристаллизации и кинетической кривой кристаллизации.

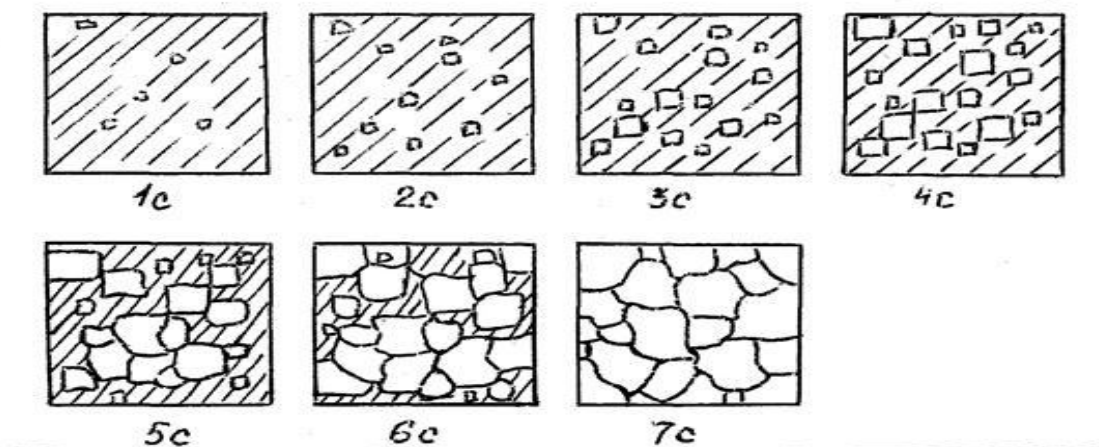


Рисунок 85.Схема процесса кристаллизации

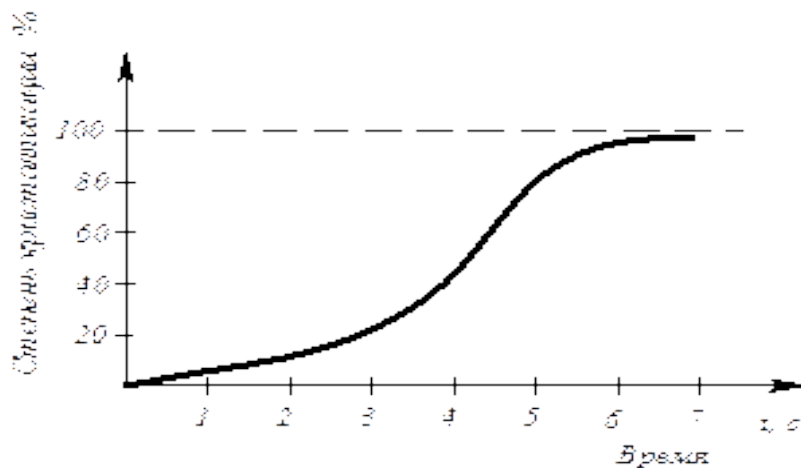


Рисунок 86. Кинетическая кривая кристаллизации

По мере развития кристаллизации в нем участвуют все большее и большее число кристаллов. Поэтому процесс вначале ускоряется, пока в какой-то момент взаимное столкновение растущих кристаллов начинает заметно препятствовать их росту. Рост кристаллов замедляется еще и потому, что количество жидкости, в которой образуются новые кристаллы, становится все меньше. В процессе кристаллизации, пока кристалл окружен жидкостью, он часто имеет правильную форму, но при столкновении и срастании кристаллов их правильная форма нарушается. Внешняя форма кристалла оказывается зависимой от условий соприкосновения растущих кристаллов. Вот почему кристаллы металла - зерна (кристаллиты) не имеют правильной формы. Скорость всего процесса кристаллизации количественно определяется двумя величинами: скоростью зарождения центров кристаллизации и скоростью роста кристаллов.

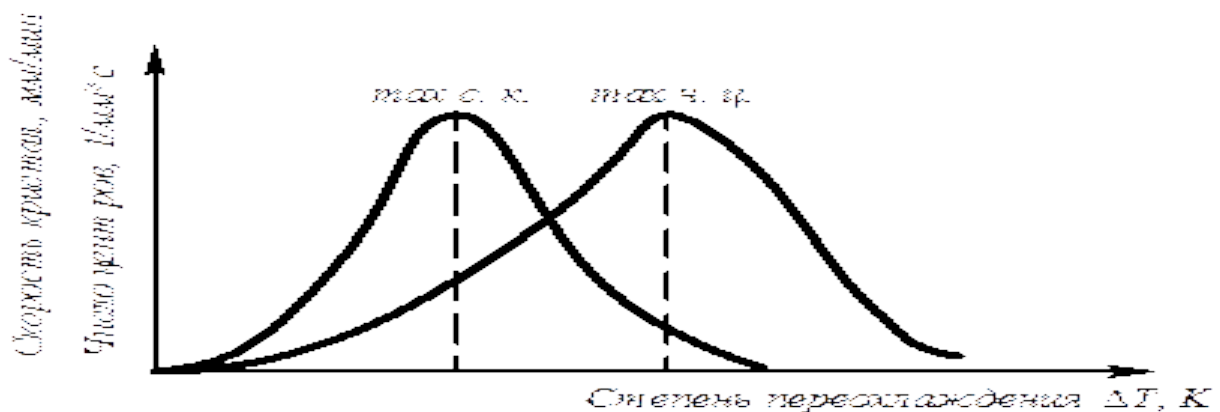


Рисунок 87. Зависимость скорости кристаллизации (СК) и скорости зарождения центров кристаллизации (ЧЦ) от степени переохлаждения

Величины оптимального переохлаждения до достижения максимальной скорости кристаллизации (СК) и до образования максимального числа центров кристаллизации (ЧЦ) не совпадают. Размер образовавшихся кристаллов зависит от соотношения СК и ЧЦ. При большом значении СК и малом значении ЧЦ образуется мало крупных кристаллов. При малых значениях СК и больших ЧЦ образуется большое число мелких кристаллов.

Размер зерна определяется по формуле

$$N = k \cdot \frac{СК}{ЧЦ}, (26)$$

где N – размер зерна;

k - коэффициент пропорциональности;

СК – скорость кристаллизации;

ЧЦ – число центров кристаллизации

Минимальный размер способного к росту зародыша называется критическим размером зародыша.

Аморфное состояние металлов

В соответствии с кривыми зависимости скорости кристаллизации и скорости зарождения центров кристаллизации от степени переохлаждения, при сверхвысоких скоростях охлаждения из жидкого состояния ($> 10^6$ °C/с) диффузионные процессы настолько замедляются, что подавляется образование зародышей и рост кристаллов, жидкость сохраняется не превращенной, не закристаллизовавшейся. В этом случае при затвердевании образуется аморфная структура. Материалы с такой структурой получили название аморфные сплавы или металлические стекла. Аморфное состояние обеспечивает металлическим материалам свойства, значительно отличающиеся от свойств соответствующих материалов с кристаллической структурой. Аморфные металлические материалы удачно сочетают высокие прочность, твердость и износостойкость с хорошей пластичностью и коррозионной стойкостью. Большое практическое значение имеет также и возможность получения аморфных металлов в виде ленты, проволоки диаметром несколько микрометров непосредственно при литье, минуя такие дорогостоящие операции, как ковка, прокатка, волочение, промежуточные отжиги, зачистки, травление. Затвердевание с образованием аморфной структуры принципиально возможно практически для всех металлов. В настоящее время аморфная структура получена у более чем 20 чистых металлов и полупроводниковых материалов и более 110 сплавов.

Сверхвысокие скорости охлаждения для получения аморфной структуры можно получить такими способами, как катапультирование капли на холодную пластину, центрифугирование капли или струи, распыление струи газом или жидкостью с высокой охлаждающей способностью и др. Наиболее эффективными способами получения лент, пригодных для практического применения, считают охлаждение жидкого металла на внешней или внутренней поверхностях вращающихся барабанов, изготовленных из материалов высокой теплопроводности, прокатку между холодными валками металла, подаваемого в виде струи. Тонкий слой аморфного металла получают при расплавлении поверхности изделий лазерным лучом благодаря быстрому отводу теплоты при затвердевании массой основного металла. Металлические материалы с аморфной структурой можно получить не только при затвердевании из жидкого состояния, но и путем сверхбыстрого охлаждения из газовой среды (парообразного или ионизированного состояния), электролизом и катодным распылением с высокими скоростями осаждения.

Реальная форма кристаллических образований Реально протекающий процесс кристаллизации усложняется действием различных факторов:

- скорости и направления отвода тепла;
- наличия нерастворившихся частиц (центров кристаллизации);
- конвекционных токов жидкости.

В направлении отвода тепла кристалл растет быстрее, чем в другом направлении.

Если на боковой поверхности растущего кристалла возникнет бугорок, то кристалл приобретает способность расти и в боковом направлении. В результате образуется древовидный кристалл, так называемый дендрит .

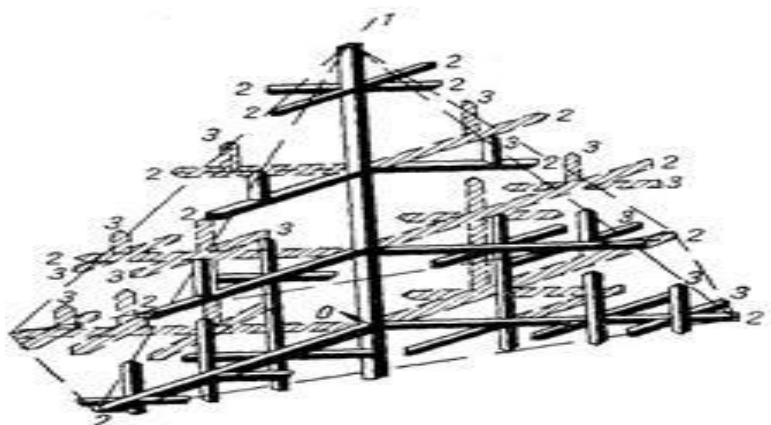


Рисунок 88. Схема строения дендрита: 1, 2 и 3 – оси соответственно первого, второго и третьего порядков

Дендритное строение типично для литого металла. Дендрит состоит из ствола (ось первого порядка), от которого идут ветви (оси второго и третьего порядков). Чем быстрее было охлаждение при кристаллизации, тем меньше размеры (высота) дендрита и меньше расстояния между ветвями второго порядка. Если условия благоприятны, охлаждение медленное, то могут вырасти огромного размера дендриты. В обычных слитках массой в сотни килограммов или несколько тонн, дендриты имеют размеры несколько десятков миллиметров и меньше.

Получение монокристаллов (самостоятельно)

Большое научное и практическое значение имеют монокристаллы, которые отличаются минимальными структурными несовершенствами. Получение монокристаллов позволяет изучать свойства металлов, исключив влияние границ зерен. Монокристаллы можно получить, если создать условия для роста кристалла только из одного центра кристаллизации. Существует несколько методов, в которых использован этот принцип. Важнейшими из них являются методы Бриджмена и Чохральского.

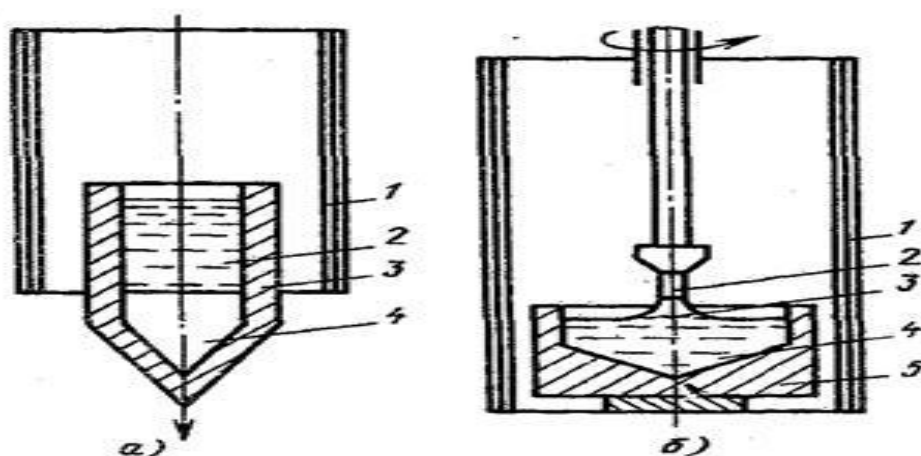


Рисунок 89. Схемы установок для выращивания монокристалла: а – метод Бриджмена; б – метод Чохральского

Метод Бриджмена состоит в следующем: металл, помещенный в тигель с коническим дном 3, нагревается в вертикальной трубчатой печи 1 до температуры на 50-100 °С выше температуры его плавления. Затем тигель с расплавленным металлом 2 медленно удаляется из печи. Охлаждение наступает в первую очередь в вершине конуса, где и появляются первые центры кристаллизации. Монокристалл 4 вырастает из того зародыша, у которого направление преимущественного роста совпадает с направлением перемещения тигля. При этом рост других зародышей подавляется. Для непрерывного

роста монокристаллов необходимо выдвигать тигель из печи со скоростью, не превышающей скорость кристаллизации данного металла. Метод Чохральского состоит в вытягивании монокристалла из расплава. Для этого используется готовая затравка 2 – небольшой образец, вырезанный из монокристалла по возможности без структурных дефектов. Затравка вводится в поверхностный слой жидкого металла 4, имеющего температуру чуть выше температуры плавления. Плоскость затравки, соприкасающаяся с поверхностью расплава, должна иметь кристаллографическую ориентацию, которую желательно получить в растущем монокристалле 3 для обеспечения наибольших значений тех или иных свойств. Затравку выдерживают в жидком металле для оплавления и установления равновесия в системе жидкость – кристалл. Затем затравку медленно, со скоростью, не превышающей скорости кристаллизации ($\gg 1-2$ мм/мин), удаляют из расплава.

Очень перспективно выращивание монокристаллов в космосе, где удачно сочетаются глубокий вакуум и невесомость. Монокристаллы, выращенные в космосе, совершеннее по структуре и распределению легирующих добавок (примесей), лучше по свойствам и значительно больше по размерам.

Жидкие кристаллы (самостоятельно). Жидкие кристаллы – это жидкости с упорядоченной молекулярной структурой. Благодаря упорядочению молекул они занимают промежуточное положение между кристаллами и обычными жидкостями с беспорядочным расположением молекул. Жидкие кристаллы текучи, как обычные жидкости, но в то же время обладают анизотропией свойств, как кристаллы. Известно несколько сотен жидких кристаллов, важное место среди них занимают некоторые органические вещества, у которых молекулы имеют удлиненную форму.

По структуре жидкие кристаллы разделяют на три класса:

- I (нематические);
- II (смектические);
- III (холестерические).

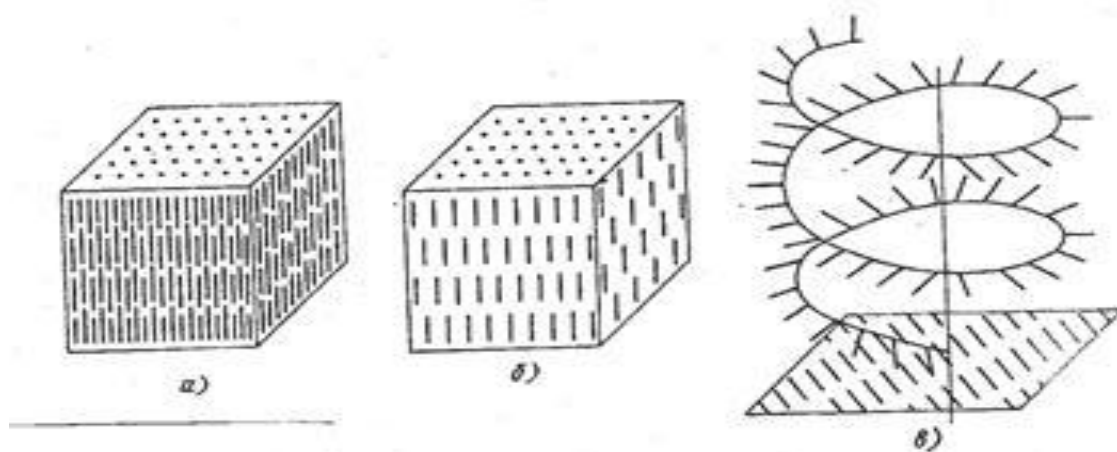


Рисунок 90. Типы структур жидких кристаллов: а – нематические; б – смектические; в – холестерические

Ориентационный порядок в расположении молекул создает анизотропию: показатель преломления света, диэлектрическая проницаемость, удельное электрическое сопротивление, вязкость и многие другие свойства зависят от направления, вдоль которого измеряют их величины, например, параллельно или перпендикулярно осям молекул. Структура жидких кристаллов легко изменяется под действием давления, электрического поля, нагрева. Это явление дает возможность управлять их свойствами путем слабых воздействий и делает жидкие кристаллы незаменимыми материалами для изготовления особо чувствительных индикаторов. Способность изменять оптические свойства жидких кристаллов первого класса, а также кристаллов третьего класса под влиянием электрического поля и температурных условий широко используется в приборостроении. В жидких кристаллах первого класса наблюдается электрооптический эффект динамического рассеяния света. Жидкие кристаллы используют в цветных индикаторах и других цветовых устройствах. Для цветных изображений применяют смеси жидких кристаллов с красителями, также имеющими продолговатые молекулы. На основе жидких кристаллов изготавливают медицинские термометры, датчики температуры для контроля перегрева узлов и деталей, преобразователи невидимого инфракрасного излучения в видимый свет. В последнем случае поглощение инфракрасного излучения нагревает жидкий кристалл так, что изменяется окраска отраженного света. Жидкие кристаллы применяют в модуляторах, системах отображения информации – калькуляторах, ручных часах, измерительных приборах автомобилей, устройствах для отклонения светового потока и др.

Строение стального слитка

Различные сочетания факторов, влияющих на кристаллизацию, приводят к своеобразной структуре стальных слитков.

Типичная структура слитка состоит из трех основных зон (рис.2.9).

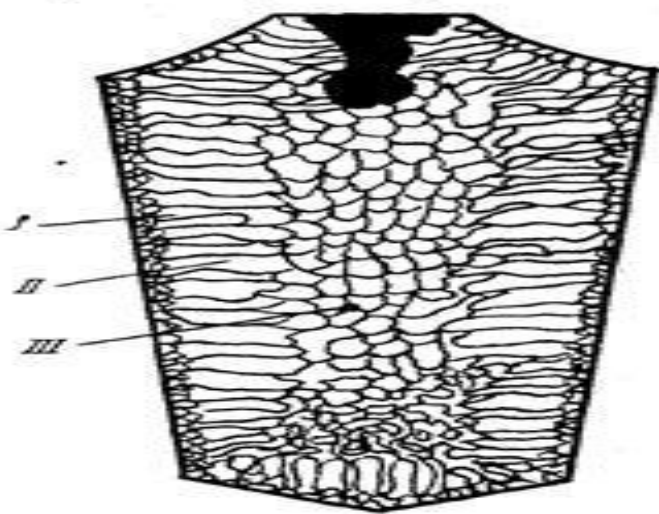


Рисунок 91. Схема строения стального слитка

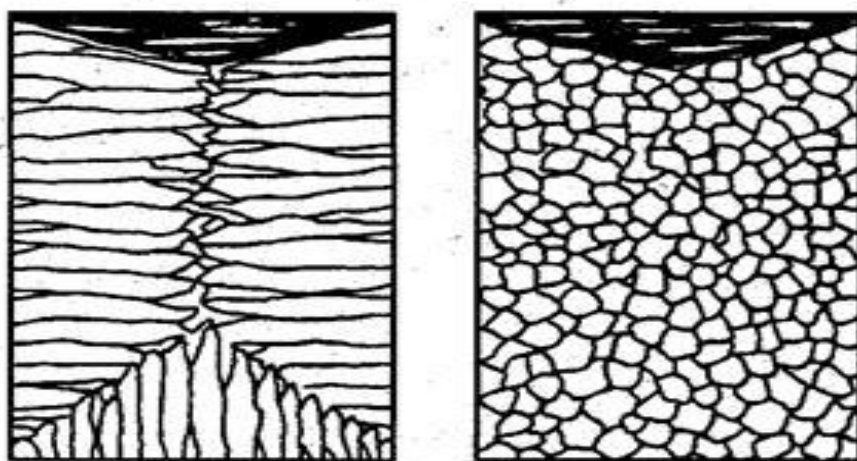
Первая зона – наружная мелкозернистая корка I, состоящая из дезориентированных мелких кристаллов – дендритов. При первом соприкосновении со стенками изложницы в тонком прилегающем слое жидкого металла возникает резкий градиент температур и, как следствие, явление переохлаждения, ведущее к образованию большого количества центров кристаллизации. В результате корка получает мелкозернистое строение.

Вторая зона – зона столбчатых кристаллов II. После образования самой корки условия теплоотвода меняются (из-за теплового сопротивления, из-за повышения температуры стенки изложницы и других причин), градиент температур в прилегающем слое жидкого металла резко уменьшается и, следовательно, уменьшается степень переохлаждения стали. В результате, из небольшого числа центров кристаллизации начинают расти нормально ориентированные к поверхности корки (т.е. в направлении отвода тепла) столбчатые кристаллы.

Третья зона слитка – зона равноосных кристаллов III. В центре слитка уже нет определенной направленности отдачи тепла. Температура застывающего металла успевает почти уравниваться в различных точках, и жидкость обращается как бы в кашеобразное состояние вследствие образования в различных ее точках зачатков кристаллов. Далее зачатки разрастаются осями – ветвями по различным направлениям, встречаясь друг с другом. В результате этого процесса образуется равноосная структура.

Зародышами кристалла здесь являются обычно различные мельчайшие включения, присутствующие в жидкой стали или случайно в нее попавшие, или не растворившиеся в жидком металле.

Применяя различные технологические приемы, можно изменить количественное соотношение зон или исключить из структуры слитка какую-либо зону вообще



а

б

Рисунок 92.. Схемы макроструктур слитков: а – столбчатые кристаллы;

б – равноосные кристаллы

Например, перегрев сплавов перед разливкой и быстрое охлаждение при кристаллизации приводят к формированию структуры, состоящей практически из одних столбчатых кристаллов (рис.2.10а). Такая структура называется транскристаллической. Подобную структуру имеют слитки очень чистых металлов. Зона столбчатых кристаллов характеризуется наибольшей плотностью, но в месте стыка столбчатых кристаллов собираются нерастворимые примеси, и слитки с транскристаллической структурой часто растрескиваются. Транскристаллическая структура в сварных швах уменьшает прочность. На практике для измельчения структуры металлов и сплавов широко применяют технологическую операцию, называемую модифицированием. Она состоит во введении в жидкий сплав перед разливкой специальных добавок (модификаторов). В качестве модификаторов используют поверхностно-активные вещества (например, бор в стали, натрий в алюминии и его сплавах) и элементы, образующие тугоплавкие тонкодисперсионные частицы (например, титан, цирконий в алюминии и его сплавах; алюминий, титан в стали). Модификаторы добавляют в сплавы в количествах от

тысячных до десятых долей процента. Слитки сплавов имеют неоднородный состав. Неоднородность сплава по химическому составу, структуре и неметаллическим включениям, образующаяся при кристаллизации слитка, называется ликвацией. Химическая неоднородность по отдельным зонам слитка называется зональной ликвацией. Она отрицательно влияет на механические свойства. В реальных слитках помимо зональной встречаются и другие виды ликвации: внеосевая, дендритная, карбидная, подсадочная, угловая, гравитационная. Так, гравитационная ликвация образуется в результате разницы в удельных весах твердой и жидкой фаз, а также при кристаллизации несмешивающихся жидких фаз. Жидкий металл имеет больший объем, чем закристаллизовавшийся, поэтому залитый в форму металл в процессе кристаллизации сокращается в объеме, что приводит к образованию пустот, называемых усадочными раковинами. Усадочные раковины могут быть сконцентрированы в одном месте, либо рассеяны по всему объему слитка или по его части. Они могут быть заполнены газами, растворимыми в жидком металле, но выделяющимися при кристаллизации. В хорошо раскисленной, так называемой спокойной стали, отлитой в изложницу с утепленной подложкой, усадочная раковина образуется в верхней части слитка и в объеме всего слитка содержится малое количество газовых пузырей и раковин. Недостаточно раскисленная, так называемая кипящая сталь, содержит раковины и пузыри во всем объеме. Поэтому спокойный металл более плотный, чем кипящий.

В процессе затвердевания отливки температура отдельных ее участков никогда не бывает одинаковой. Температура поверхности отливки всегда ниже, чем внутренних слоев, тонкие стенки остывают быстрее толстых. Стержни и болваны, окруженные металлом, быстро прогреваются и затрудняют отвод тепла от соприкасающихся с ними стенок отливки, части отливок, примыкающие к литниковой системе и прибылям, остывают медленнее и т. д. Поскольку температура и скорость охлаждения отдельных участков одной и той же отливки не одинаковые, то и величина их усадки должна была бы быть различной. Однако все части отливки являются единой жесткой системой и размеры их не могут изменяться независимо одна от другой. Одни элементы отливки, препятствуя свободной усадке других, оказывают друг на друга силовое воздействие. В результате в отливке возникают внутренние напряжения. Если укрепить три упругие пружины, две из которых длиной 1 и одна длиной 2, двумя поперечными планками так, что пружины длиной будут растянуты, а длиной сжата, то их средняя длина станет несколько меньше, чем длина средней пружины 2, и больше длины крайних. В этом случае крайние пружины будут упруго растянуты, т. е. находиться под влиянием

растягивающих напряжений, а средняя пружина будет упруго сжата, в ней возникнут сжимающие напряжения. Если удалить крайние пружины, то расстояние между поперечинами снова станет равным, т. е. средняя пружина займет исходное положение. Наоборот, если удалить среднюю пружину, то положение системы изменится таким образом, что размеры крайних пружин сократятся до первоначальных размеров. В данном случае размеры системы изменятся только под влиянием внутренних напряжений, без воздействия внешних сил. Аналогичное напряженное состояние получается в отливке в результате неравномерного нагрева или охлаждения ее частей. Температурными называют напряжения, которые возникают при неравномерной и разновременной усадке в различных частях отливки. Они могут возникать при неравномерном распределении температуры по сечению стенки отливки или же в различных ее частях. В большинстве отливок, изготавливаемых в разовых песчано-глинистых формах, температурные напряжения действуют одновременно с механическими, вызываемыми неравномерным механическим торможением усадки отливки стержнями и болванами, отдельными участками формы, зажатыми между выступающими частями отливки, а также элементами литниковой системы, выпорами, прибылями, заливами по разъемам форм и стержней и т. д. Поскольку в реальных условиях механические и температурные напряжения могут действовать в одном и том же направлении, то вероятность разрушения отливок увеличивается. Механические напряжения увеличиваются с уменьшением податливости формовочной смеси, поэтому в сухой, более жесткой форме, они всегда больше, чем в сырой. Под податливостью обычно понимают способность образца смеси деформироваться, чаще всего сжиматься, при усадке отливки. Податливость тем больше, чем меньше прочность формовочных и стержневых смесей при нормальной и высокой температуре, а сопротивление усадке оболочковых стержней значительно меньше, чем сплошных. Различный удельный объем продуктов фазовых превращений, происходящих в процессе затвердевания и кристаллизации материала отливок, обуславливает возникновение между отдельными частями отливки упругих деформаций и соответственно фазовых напряжений. Фазовыми называют напряжения, возникающие из-за неодновременного протекания фазовых и структурных превращений в отливке, а также из-за различных свойств сплава в разных ее частях. В зависимости от материала отливки, ее конструкции и условий охлаждения знак фазовых напряжений может совпадать или быть, противоположным знаком температурных напряжений. Например, в наружных или более тонких частях отливки, охлаждающихся быстрее, фазовые превращения закончатся раньше, чем во внутренних или более толстых

частях. При дальнейшем охлаждении и протекании фазовых превращений объем более нагретых частей отливки может увеличиваться, что приведет к сжатию внутренней (или большей толщины) части отливки и растяжению наружной (или тонкой) части. В результате к растягивающим напряжениям в части большей толщины добавятся сжимающие фазовые, а к сжимающим в тонкой — добавятся растягивающие фазовые. Подобная картина наблюдается, например, в чугуновых отливках, где увеличение объема более массивных частей отливки вызывается процессом выделения графита, проходящего наиболее полно в больших сечениях. По продолжительности действия внутренние напряжения делятся на временные и остаточные. Временными считают напряжения, возникающие в отливке под воздействием временных факторов и исчезающие по прекращении их действия. Например, после того как в процессе охлаждения в материале отливки начнут преобладать упругие свойства, механическое торможение усадки может вызвать в ней лишь временные напряжения, исчезающие при выбивке и удалении стержней. Напряжения, полностью или частично остающиеся в отливке после прекращения действия вызвавших их факторов, называют остаточными.

Величина остаточных напряжений не зависит от скорости усадки различных частей отливки, а пропорциональна разности температур между ними в момент, когда в более массивной части отливки начинают преобладать упругие свойства. При дальнейшем охлаждении отливки разница температур отдельных ее участков может еще увеличиться, что приведет к возникновению температурных напряжений. Однако эти напряжения будут временными, так как они действуют до тех пор, пока имеется разница температур, возникающая в упругом материале отливки. После выравнивания температуры, к концу охлаждения отливки, временные напряжения исчезают. Временными будут также напряжения, возникающие от механического сопротивления усадке отливки в период, когда ее материал приобретает упругие свойства. После выбивки отливки и удаления из нее стержней временные механические напряжения исчезают.

Внутренние напряжения бывают:

- Термические (возникают при разнице стенок или сложности отливок (охлаждение разных сечений детали неравномерное, с разной скоростью))
- Фазовые (при переходе из одной фазы в другую)
- Усадочные (в результате торможения усадки в отливке)

$$\sigma_{\text{Л}} = \sigma_{\text{T}} + \sigma_{\text{Ф}} + \sigma_{\text{УС}}$$

Если $\sigma_L > \sigma_T$ возникает искривление отливки.

Если $\sigma_L > \sigma_B$ возникают трещины в отливке.

Трещины бывают:

- Горячие(образуются в момент кристаллизации отливки (усадка+непрочный металл). Располагаются по границам зерен, где образуются неметаллические включения.
- Холодные(При твердом состоянии металла (в процессе охлаждения и эксплуатации отливки.) Образуются при $t < t_{\text{ликвидуса}}$ и могут образовываться от усадочных напряжений и в процессе эксплуатации)

Предотвращение усадочных дефектов: установка прибылей. Прибыль конструируют и устанавливают на отливке таким образом, чтобы металл кристаллизовался последовательно от стенки отливки к прибыли и чтобы прибыль кристаллизовалась в последнюю очередь после затвердевания отливки. Для сохранения металла в прибыли в жидком состоянии длительное время прибыль искусственно обогревают или для ее стенок применяют теплоизоляционные материалы. Предотвращение трещин: правильным подбором литейного сплава, режимом охлаждения, рациональной конструкцией литниковой системы, повышением податливости форм и стержней, выравниванием температуры кристаллизации с помощью холодильников. Снижение внутренних напряжений достигается искусственным и естественным старением. Поток жидкого металла оказывает тепловое и механическое воздействие на форму, размывая и разрушая ее в виде трещин. Большое значение для качества и шероховатости поверхности отливок имеет способ подвода металла к полости формы. Струя металла должна вливаться в форму без ударов, плавно по касательной к поверхности. При механическом взаимодействии металла с формой и разрушении ее поверхности образуется механический пригар — неровности на поверхности отливки в связи с прониканием металла в поры и мелкие трещины формы.

Различные производства используют около 15 способов литья, шесть основных из которых:

- 1) литье в песчаные формы ("землю");
- 2) литье в ЖСС (жидкие самоотвердевающие смеси);
- 3) литье в оболочковые формы;
- 4) литье в кокиль (металлические защищенные формы);
- 5) литье по выплавляемым моделям;
- 6) литье под давлением;

1. Литье в песчаные формы ["землю"].

Точность геометрических размеров, шероховатость поверхности отливок, полученных в песчаных формах, во многих случаях не удовлетворяет требованиям современной техники. Литье в песчаные формы обеспечивает невысокое качество поверхности (ниже $Rz = 320$ мкм), низкую точность (ниже 16 квалитета), трудно автоматизируется и не обеспечивает удовлетворительные условия труда.

Поэтому быстрыми темпами развиваются специальные способы литья: в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, кокильное, под давлением, центробежное и другие, позволяющие получать отливки повышенной точности, с малой шероховатостью поверхности, минимальными припусками на механическую обработку, а иногда полностью исключая ее, обеспечивают высокую производительность труда и т. д.

2. Литье в ЖСС (жидкие самоотвердевающие смеси).

Для получения более высоких качественных показателей применяют литье в формы из жидких самоотвердевающих смесей (ЖСС). Этот способ литья применяют в любом виде производства.

Способ применяют для изготовления больших корпусов приборов из чугуна и алюминиевых сплавов с толщиной стенки 4...6 мм, точностью 14...16 квалитета, шероховатостью поверхности $Rz = 80...40$ мкм,

3. Литье в оболочковые формы.

Для изготовления тонких оболочковых форм нужно в 20-30 раз меньше формовочных материалов, чем для песчаных или форм из ЖСС. Способ применяют для чугунных, стальных и для алюминиевых отливок, простой конфигурации без внутренних полостей в серийном производстве.

Литье в оболочковые формы, которые изготавливают из формовочных смесей (кварцевый песок с термореактивной связующей смолой) по горячим моделям. В качестве связующего

для изготовления оболочковых форм в производстве используется pulverбакелит - смесь фенолоформальдегидной смолы СФП-011Л с 7% уротропина.

Уротропин применяется как ускоритель отвердевания. Малотоксичен, относится к 3 кл опасности, ПДК - 9 мг/м³ (ГОСТ 1381-73).

В настоящее время альтернативы термореактивным смолам на основе фенолоформальдегида для изготовления оболочковых форм по технологичности и качеству поверхности форм не найдено.

Способ обеспечивает получение шероховатости поверхности $R_z = 80 \dots 40$ мкм, и точность - 12...14 квалитет. Способ легко можно механизировать и автоматизировать.

4. Литье в кокиль.

В приборостроении литье в кокиль (кокиль - это металлическая форма, имеющая защитную огнеупорную облицовку на рабочей поверхности) применяют в серийном и массовом производстве.

Экономическая целесообразность кокильного литья зависит от стойкости металлической формы

Качественные параметры отливок: точность 12...13 квалитет, шероховатость поверхности - $R_z = 80 \dots 20$ мкм.

Преимущества литья в кокиль на основе производственного опыта:

4.1. Повышение производительности труда в результате исключения трудоемких операций смесеприготовления, формовки, очистки отливок от пригара. Поэтому использование литья в кокили, по данным различных предприятий, позволяет в 2 - 3 раза повысить производительность труда в литейном цехе, снизить капитальные затраты при строительстве новых цехов и реконструкции существующих за счет сокращения требуемых производственных площадей, расходов на оборудование, очистные сооружения.

4.2. Повышение качества отливки, обусловленное использованием металлической формы, повышение стабильности показателей качества: механических свойств, структуры, плотности, шероховатости, точности размеров отливок.

4.3. Устранение или уменьшение объема вредных для здоровья операций выбивки форм, очистки отливок от пригара, их обрубки, общее оздоровление и улучшение условий труда, меньшее загрязнение окружающей среды.

4.4. Механизация и автоматизация процесса изготовления отливки, обусловленная многократностью использования кокиля.

Литье в кокиль следует отнести к трудо- и материалосберегающим, малооперационным и малоотходным технологическим процессам, улучшающим условия труда в литейных цехах

и уменьшающим вредное воздействие на окружающую среду.

5.Литье по выплавляемым моделям

Литье по выплавляемым моделям применяют в приборостроении для изготовления отливок различной сложности из любых сплавов массой от нескольких граммов до нескольких килограммов с толщиной стенок 0,4-20 мм, точностью размеров до 12 квалитета и шероховатостью поверхности до $Rz = 20$ мкм. Способ применяют при любом виде производства.

Процесс литья заключается в изготовлении моделей из легкоплавкого материала, покрытия моделей тонкой огнеупорной оболочкой, выплавление модельного материала из огнеупорной оболочки и заливки освободившейся от моделей полости металлом.

6.Литье под давлением.

Литье под давлением является самым производительным способом изготовления тонкостенных деталей сложной конфигурации в серийном и массовом производстве.

Процесс литья заключается в заливке расплавленного металла в камеру сжатия машины и последующем выталкивании его через литниковую систему в полость металлической формы, которая заполняется под давлением.

Наиболее полно требованиям удовлетворяют сплавы на основе цинка, алюминия, магния и меди.

При литье под давлением получают высокое качество отливок.

Достижимая точность:

9-11 квалитет по размерам, получаемым в одной части литейной формы и 11-12 квалитет по размерам, получаемым в двух частях формы.Отливки чугунные ГОСТ 26358-84

Диаметр круга от 30 до 290 мм, длина от 300 до 600 мм

ГОСТ 1412-85 чугун с пластинчатым графитом СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35.

ГОСТ 7293-85 чугун с шаровидным графитом, высокопрочный чугун ВЧ35, ВЧ40, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100.

ГОСТ 7769-82 легированный чугун со специальными свойствами:

*жаростойкий - ЖЧХ, ЖЧС, ЖЧЮ, ЖЧН,

*износостойкий - ИЧХ, ИЧС, ИЧЮ, ИЧГ, ИЧН,

*коррозионно-стойкий - КЧХ, КЧС, КЧЮ, КЧГ, КЧН,

*маломагнитный - НЧГ, МЧГ, НЧН, МЧН,

*хладостойкий - ХЧН.

ГОСТ 28394-89 чугун с вермикулярным графитом ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40, ЧВГ45.

ГОСТ 1585-85 чугун антифрикционный АСЧ1, АСЧ2, АСЧ3, АСЧ4, АСЧ5, АСЧ6, АЧВ1, АЧВ2, АЧК1, АЧК2.

ГОСТ 1215-79 чугун ковкий КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12, КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5.

Литье - процесс получения фасонных отливок путем заполнения расплавленным металлом заранее приготовленных форм.

Наибольшее количество отливок (около 70% от массы всех отливок) производится из серого чугуна.

Литые элементы (шары, пики и т.п.) зачастую являются неотъемлемыми частями таких изделий, как ограждения, ворота, перила.

Тема :Классификация серых чугунов. Влияние химического состава на структуру и свойства чугуна

Чугунами называют сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% углерода. Они содержат те же примеси, что и сталь, но в большем количестве.

В зависимости от состояния углерода в чугуне, различают:

Белый чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида, и чугун, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в виде графита, что определяет прочностные свойства сплава.

В соответствии с реальными условиями кристаллизации в структуре чугунов могут быть разные составляющие в зависимости от того, какая часть углерода оказывается в структурно свободном состоянии. Это же определяет название чугунов: белый, половинчатый, серый.

Белый чугун — это тот, в котором весь углерод находится в связанном состоянии.

Белый чугун для изготовления деталей машин не используют, поскольку он обладает высокой твердостью (HB 450 - 550), хрупок и практически не поддается обработке режущим инструментом.

Половинчатый чугун тот, в котором одна часть углерода находится в связанном состоянии ($C_{связ} > 0,8 \%$), а другая в свободном

Излом половинчатого чугуна частично белый (в местах залегания ледебурита), частично серый (в местах, где расположены включения графита). Половинчатые чугуны, так же как и белые, для изготовления деталей машин не используются.

Серый чугун тот, в котором большая часть углерода или почти весь углерод находится в свободном состоянии, а в связанном состоянии может быть до 0,8 % C. В структуре серого чугуна имеется графит, количество, форма и распределение которого могут изменяться в широких пределах.

Название серый чугун получил по цвету излома - излом серого цвета.

В микроструктуре такого чугуна следует различать металлическую основу и включения графита, которые эту основу пронизывают.

Графит в сером чугуне может быть разным по форме включений: пластинчатым, хлопьевидным и шаровидным.

Поэтому серые чугуны (или просто чугуны) подразделяют на:

□ серые - пластинчатая или червеобразная форма графита;

Отливки из серых чугунов широко применяют в машиностроении.

□ высокопрочные - шаровидный графит;

Такой чугун получают модифицированием расплава магнием. Магний вводят в жидкий чугун перед разливкой в количестве 0,03 — 0,07 %. Под воздействием магния при кристаллизации чугуна графит приобретает шаровидную форму.

□ ковкие - хлопьевидный графит.

По сравнению с пластинчатым графитом хлопьевидный графит располагается в металлической основе чугуна более компактно, включения графита не действуют как острые надрезы (что характерно для пластинчатого графита), и поэтому такие включения в меньшей степени ослабляют металлическую основу. Получают ковкий чугун путем специальной термической обработки белого доэвтектического чугуна примерно следующего состава: 2,5 - 3 % C; 0,7 - 1,5 % Si; 0,2 - 1 % Mn; до 0,2% S, до 0,18% P.

Форма графитных включений мало влияет на твердость чугуна; однако на прочность и пластические свойства она оказывает значительное влияние.

Наиболее благоприятной формой графита является шаровидная, а пластинчатый графит снижает прочность и пластичность чугуна. Графит обладает низкими механическими свойствами, и включения графита действуют так, как будто бы в металлической основе имеются пустоты, внутренние надрезы, которые разобщают и ослабляют эту основу.

Включения графита пластинчатой формы действуют как острые внутренние надрезы или трещины, ослабляющие металлическую основу и уменьшающие прочность и пластичность чугуна. Чем крупнее пластинки графита и менее равномерно распределены по объему, тем меньше прочность чугуна при растяжении. При сжатии свойства чугуна с пластинчатыми включениями графита остаются достаточно высокими (разрушающая нагрузка при сжатии в три — пять раз больше, чем при растяжении), близкими к свойствам стали с такими же составом и структурой, что и металлическая основа чугуна. Это свидетельствует о том, что включения графита практически не влияют на прочность чугуна при сжатии. Они также менее значительно, чем при растяжении, снижают прочность чугуна при изгибающем действии нагрузки.

Чем компактнее форма включений графита и чем меньше их количество, тем в меньшей степени они ослабляют металлическую основу, тем выше прочность и пластичность чугуна при одной и той же структуре металлической основы. Так, чугун с шаровидной формой включений графита имеет значительно более высокую прочность при растяжении и изгибе,

чем чугун с пластинчатой формой графитных включений (отсюда и название чугуна — высокопрочный).

Следует отметить, что в определенных случаях наличие графита в структуре полезно и дает чугуну преимущества перед сталью:

- включения графита облегчают обрабатываемость чугуна резанием (стружка делается ломкой);
- благодаря смазывающему действию графита чугун обладает хорошими антифрикционными свойствами, т. е. хорошо работает на трение;
- чугун с включениями графита обладает способностью быстро гасить вибрации, колебания;
- графит делает чугун практически нечувствительным к поверхностным надрезам и другим дополнительным дефектам на поверхности.

Следует также отметить хорошие литейные свойства чугуна, дающие ему преимущество по сравнению со сталью.

Чугуны маркируют двумя буквами и двумя цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления при растяжении:

- ☐ серый чугун обозначают буквами "СЧ" (ГОСТ 1412-85),
- ☐ высокопрочный - "ВЧ" (ГОСТ 7293-85),
- ☐ ковкий - "КЧ" (ГОСТ 1215-85).

Примеры:

СЧ10 - серый чугун с пределом прочности при растяжении 100 МПа;

ВЧ70 - высокопрочный чугун с пределом прочности при растяжении 700 МПа;

КЧ35 - ковкий чугун с пределом прочности при растяжении примерно 350 МПа.

Антифрикционные чугуны используют для изготовления литых деталей (подшипников скольжения и др.), работающих в узлах трения со смазкой. Такие чугуны должны обеспечивать низкий коэффициент трения, а в связи с этим малые потери на трение и малую скорость изнашивания сопряженной детали (стального вала).

Маркировка антифрикционного чугуна АЧС-1, АЧС-6, АЧВ-2, АЧК-2 и др.

Расшифровывается следующим образом:

АЧ - антифрикционный чугун; С - серый, В - высокопрочный, К - ковкий.

Цифры обозначают порядковый номер сплава согласно ГОСТу 1585-79.

Отбеленные чугуны имеют на поверхности структуру белого чугуна, а в сердцевине — структуру серого чугуна. Отбел (на глубине 12 - 30 мм) является следствием быстрого охлаждения поверхности при отливке чугуна в металлические формы (кокиль) или в сырые земляные формы.

Отбеленный чугун имеет высокую твердость поверхности и обладает высокой износостойкостью, особенно в условиях абразивного износа. Отбеленный чугун применяют для изготовления валков листовых прокатных станов, колес, шаров для мельниц и т. д. В этом случае применяют чугуны с пониженным содержанием кремния, что приводит к увеличению склонности чугуна к отбеливанию. Примерный химический состав чугуна: 2,8 - 3,6 % C; 0,5 - 0,8 % Si; 0,4 - 0,6 % Mn.

Формирование структуры чугуна происходит при затвердевании отливки. Основными факторами, влияющими на структурообразование чугуна, являются его химический состав и скорость охлаждения отливки в форме.

Таблица 19- Влияние химических элементов на свойства чугуна

Химический элемент		
Серый чугун	Высокопрочный чугун	Ковкий чугун
<i>Углерод</i>		
Повышенное содержание углерода приводит к уменьшению прочности, твердости и увеличению пластичности; углерод улучшает литейные свойства чугуна	Увеличенное содержание углерода улучшает литейные свойства чугуна	Углерод - основной регулятор механических свойств ковкого чугуна; чугун обладает низкой жидкотекучестью и требует высокого перегрева
<i>Кремний</i>		
Кремний (с учетом содержания углерода) способствует выделению графита и снижает твердость, а также уменьшает усадку; повышенное содержание кремния снижает пластичность и несколько увеличивает твердость	С повышением содержания кремния возрастает предел прочности при растяжении, при дальнейшем увеличении содержания - уменьшаются предел прочности при растяжении и относительное удлинение	Для ферритного ковкого чугуна суммарное содержание кремния и углерода должно быть 3,7-4,1%. Содержание кремния зависит от количества углерода и толщины стенки. При содержании кремния до 1,5% механические свойства сплава повышаются

Тема: Механические свойства чугуна для отливок. Модифицирование серого чугуна для отливок

Примечание. Допускаются также марки СЧ21 и СЧ24.

Предел прочности на изгиб в 1,5 (для прочных чугунов) и 2,2 (для чугунов малой прочности) раза больше временного сопротивления на растяжение.

Модуль упругости чугуна растет с ростом временного сопротивления при растяжении: $E = (4,5 \dots 5) 100 \sigma_B$ при $\sigma_B = 100 \dots 300$ МПа.

В чугунных отливках толщины стенок часто определяются не условиями прочности или жесткости, а технологическими соображениями. У менее прочных чугунов литейные свойства лучше, а остаточные напряжения и коробление меньше, чем у более прочных.

Отливки малой прочности из чугуна СЧ10 применяют для малонагруженных и не работающих на износ деталей (кожухи, крышки и т. д.).

Основное распространение имеют отливки из чугунов средней прочности, в частности корпусных и поддерживающих деталей.

Выбор состава серого чугуна усложняется:

обратной зависимостью между механическими и литейно-технологическими свойствами; необходимостью разной толщины стенок, например повышенной толщины направляющих и фланцев;

разными критериями работоспособности (прочность, износостойкость) отливок и их частей.

В станкостроении — важнейшей отрасли применения чугунных отливок широкого диапазона размеров и свойств — рекомендуют:

снижение содержания углерода с эквивалентным увеличением кремния и марганца;

в условиях существенной разностенности применение чугуна, легированного медью и микролегированного оловом;

применение для обеспечения оптимальной длины включений графита и, соответственно, высокой износостойкости станин с массивными направляющими из чугуна,

микролегированного титаном;

применение чугунов, полученных из передельных доменных чугунов с повышенным количеством стального лома и ферросплавов;

обеспечение равномерного остывания отливок с массивными направляющими при- 2.2.

Механические свойства чугуна с шаровидным графитом (ГОСТ 7293—85) фирмованием колебаний в чугуне и меньшим модулем упругости, что уменьшает дополнительные напряжения от смещения опор.

Для деталей из серого чугуна характерны малая чувствительность к влиянию внешних концентраторов напряжения при циклических нагрузках, высокий коэффициент поглощения колебаний при вибрациях (в 2-4 раза выше, чем у стали), высокие антифрикционные свойства (благодаря наличию графита). Но, чтобы обеспечить эти свойства, чугун должен иметь определенную литейную структуру. Один из эффективных способов улучшения структуры – модифицирование. Модифицирование – введение в расплав веществ (модификаторов), небольшое количество которых существенно влияет на процесс кристаллизации и, соответственно, изменяет структуру и свойства металла или сплава. При легировании в основной металл также вводятся компоненты для повышения механических, физических и химических свойств основного металла. Отличие легирования и модифицирования состоит в том, что легирующие элементы могут вводиться как в шихту, так и в расплав, модификаторы вводятся только в расплав и их активное действие кратковременно (15-20 минут). И, кроме того, легированные металлы и сплавы сохраняют свои свойства при последующих переплавах, а эффект от модификации после переплава не сохраняется. Однако в настоящее время из всех известных приемов улучшения качества металла модифицирование считается одним из наиболее эффективных. По способу воздействия на процесс кристаллизации чугуна различают 2 группы модификаторов. Одна группа воздействует на условия роста графита и способствует его кристаллизации в виде компактных или шаровидных включений. Другая группа изменяет степень графитизации (модифицирование способствует более равномерному охлаждению, благодаря чему обеспечивается получение однородной структуры с мелкопластинчатым графитом в сечениях отливки). По сравнению с обычным чугуном модифицированный чугун такого же химического состава в меньшей степени склонен к образованию трещин (отбеливанию). Именно на этом основано использование модификаторов для получения чугунов с высокими механическими свойствами.

Модификаторы серого чугуна

Основным модификатором серого чугуна является ферросилиций ФС75 (75%-ный ферросилиций), эффективность которого значительно усиливается при содержании в нем Al и Ca. Для модифицирования ферросилиций в размолотом виде (фракции 2-10 мм) вводят в разливочный или раздаточный ковш под струю металла при температуре 1340-1400°С в количестве 0,1-0,5% массы жидкого металла. Также его можно добавлять в форму или подавать непосредственно в момент раздачи чугуна по ковшам. Кроме того, модификатор можно разместить в одном из элементов литниковой системы формы или

использовать проволоку из прессованного порошкового модификатора, которая с заданной скоростью вводится в струю металла у литниковой чаши формы. Но, какой бы способ не применялся, всегда необходимо удостовериться в том, что модификатор полностью растворился и тщательно перемешался с расплавом чугуна.

Модифицирующий эффект ферросилиция сохраняется не более 15 мин. Ферросилиций ФС75 целесообразно применять для модифицирования чугунов с низким углеродистым эквивалентом, а также при литье тонкостенных отливок. Массовая доля алюминия в промышленном ФС75 составляет 1,5-2,5%, кальция – 0,6-1,3%. Модифицирующее действие ферросилиция связывают с наличием в нем кальция и алюминия, которые активно взаимодействуют с кислородом и азотом расплава, образуя тугоплавкие соединения. Кроме того, в расплаве образуются локальные микрообъемы, обогащенные графитом. Но, в промышленных чугунах (особенно электропечной выплавки) может происходить активное взаимодействие алюминия с другими веществами, в частности с влагой, сконденсированной на стенках литейной формы. Образующийся при этом водород и оксид углерода поглощаются расплавом и при затвердевании вызывают появление подкорковых раковин. Кроме того, для серого чугуна в качестве графитизирующего модификатора используется ферросилиций ФС75Л (74-80 Si), а также комплексные сплавы на основе кремния, содержащие Ca, Mg, Sr (стронций), Zr (цирконий), Ba (барий), РЗМ (редкоземельные металлы), Mn (манган), а также модифицирующие смеси, состоящие из силикокальция, графита, ферросилиция и других компонентов. Этот модификатор в виде гранул размером 1-5 мм вводят в струю чугуна при сливе из печи в ковш. Для конкретных условий производства устанавливают оптимальный интервал времени от момента заполнения ковша до заливки форм, так как действие модификатора рассчитано на определенное время. Например, при изготовлении детали «Корпус» из серого чугуна марки СЧ 20 (ГОСТ 1412-88) ферросилиций добавляют в ковш перед сливом металла из индукционной печи. Модификатор помещают на самое дно ковша, что позволяет ему полностью раствориться в сплаве и не выгореть. В данном случае ферросилиций имеет крупную фракцию. При этом температура разлива чугуна в ковш составляет 1450 °С. Стронцийсодержащий ферросилиций с низким содержанием кальция (0,5%) повышает прочность серых чугунов с пластинчатым графитом в тонкостенных отливках, повышает степень однородности структуры в различных сечениях отливки. При этом вследствие общего уменьшения количества этого модификатора, в расплав вводится меньшее количество алюминия, что способствует снижению брака по газоусадочным дефектам при литье тонкостенных отливок.

Стронцийсодержащий ферросилиций ФССт2 в большей степени, чем ФС75, снижает и стабилизирует твердость заготовки. Оптимальная температура модифицирования чугуна силикокальцием равна 1400-1450°C. При этом количество присадки составляет 0,3 - 0,5% массы жидкого металла. Для улучшения усвоения силикокальций целесообразно вводить в смеси с плавиковым шпатом в соотношении 1:1. Добавка плавикового шпата препятствует отшлакованию модификатора, повышает активность взаимодействия кальция с кислородом и серой и способствует удалению образующихся при этом неметаллических включений из расплава в шлак. Высокую графитизирующую способность имеют барийсодержащие модификаторы на кремниевой основе. Барий активно реагирует с кислородом, серой и углеродом в составе чугуна, образуя соединения, которые переходят в шлак. Комплексные модификаторы на основе кремния с содержанием в них бария или стронция лучше устраняют отбеливание и обеспечивают более высокий прирост прочности, чем ферросилиций ФС75. Наилучшие результаты достигаются при вводе добавок в количестве 0,2-0,4% массы жидкого металла. При дальнейшем увеличении количества присадки прочность чугуна уменьшается вследствие появления в структуре феррита. При изготовлении крупных чугунных отливок в серийном и мелкосерийном производстве, а также при заливке чугуна на автоматических формовочных линиях необходимо применение присадок с длительным (до 30 мин) периодом действия модифицирующего эффекта. С этой точки зрения представляет интерес силикобарий с высокой массовой долей (30-35%) бария СБ30. Использование, СБ30 позволяет резко снизить склонность чугуна к отбелу и сохранить модифицирующий эффект в течение 15-25 мин. Оптимальная температура модифицирования чугуна силикобарием находится в пределах 1360-1380°C. Силикобарий повышает однородность структуры и свойств чугуна в различных сечениях отливки (в тонких сечениях отливки исчезает точечный графит, прочность чугуна возрастает).

Еще одним распространенным модификатором является церий, который вводят в металл в виде металлического церия, сплава мишметалла, ферроцерия и сплава ФЦМ-5. Металлический церий содержит 97% церия при общем содержании редкоземельных элементов 98,5%. Церий имеет сравнительно низкую температуру плавления (725°C). При низких температурах хорошо растворяет газы и легко окисляется на воздухе, поэтому церий можно сохранить только в воздухонепроницаемых сосудах. Мишметалл – сплав элементов цериевой группы, полученный методом электролиза из расплава хлоридов, содержит 40-60% Ce (церий), 13-25% La (лантан), 15-17% Nd (ниодим), 8-10% других редкоземельных элементов и до 2% Fe. Ферроцерий – сплав редкоземельных элементов

цериевой группы с железом. Его получают как и мишметалл методом электролиза из расплава хлоридов. В ферроцерии содержится 15% Fe, 40-55% Ce, остальное – редкоземельные элементы. Сплав ФЦМ-5 – сплав РЗМ с магнием, получаемый электролизом. В нем содержится 40-50% Ce, до 1% Fe, 3,6-7,5% Mg, остальное – элементы цериевой группы. Церий, обладая большим химическим сродством к кислороду и сере, активно раскисляет жидкий чугун, образуя тугоплавкие соединения. Следует отметить, что применение ферроцерия как модификатора эффективно при его введении в расплав при температуре выше 1450°C. Присадка ферроцерия в количестве до 0,1% эффективно устраняют отбел чугуна (0,08-0,12% S). Углесодержащие модификаторы применяются совместно с ферросилицием в количестве 0,01-0,05% с целью улучшения распределения графита, но, вследствие сравнительно небольшой плотности, они плохо усваиваются жидким чугуном. Наиболее эффективные результаты получены при использовании углесодержащих присадок для модифицирования чугуна, выплавляемого в электропечах и подвергающегося длительной выдержке. При длительной выдержке расплав имеет повышенную склонность к отбелу и в данном случае модифицирование является необходимой технологической операцией. Графит, как присадка, требует более длительного периода для активизации, поэтому его целесообразно вводить в расплав за несколько минут (5-10) до ввода других модификаторов. Эффективность модифицирования Эффективность модифицирования связана с рядом технологических факторов: температурой ввода присадок, их гранулометрическим составом, временем и местом ввода модификаторов. Все эти параметры подбираются в зависимости от задач, которые необходимо решить с помощью модифицирования. В целом, при использовании ферросилиция, ферроцерия и его смеси с ферросилицием, повышение температуры ввода присадок от 1420 до 1450°C способствует усилению модифицирующего эффекта, хотя длительность действия модификатора сокращается. Модифицирование чугуна при температуре 1380-1420°C обеспечивает, как правило, наиболее стабильные результаты и высокие показатели качества чугунных отливок. Уместно добавить, что температура плавления наиболее распространенных модифицирующих присадок, таких как ферросилиций, мишметалл, не превышает 1350°C. Эффективность модифицирования чугуна существенно зависит также и от размера частиц ферросплавов. В производственной практике встречается способ «позднего» модифицирования, который используют с целью устранения влияния фактора времени на эффективность обработки чугуна. Этот способ получил широкое распространение для автоматизированных установок с индукционным обогревом для заливки чугуна на конвейерах и формовочных

линиях. В данном случае максимальный эффект достигается применением мелкозернистых фракций модификатора (0,3-2 мм). При этом используются различные сорта ферросилиция ФС75, причем массовая доля фракций 0,3-0,5 мм в присадке должна составлять не менее 15-20%. Наличие крупных фракций (более 2,0 мм) при «позднем» модифицировании не допускается, т. к. в отливках возможно образование нерастворенных частиц модификатора. Оптимальная массовая доля присадки ферросилиция ФС75 при введении его в форму или в литниковую чашу составляет 0,05-0,1% металлоемкости формы, для других способов «позднего» модифицирования она равна 0,1-0,2%. При «позднем» модифицировании целесообразно использовать ферросилиций ФС75, содержащие активные присадки стронция и РЗМ. Модифицирование – признанный способ повышения качества чугуновых отливок, позволяющий либо полностью предотвратить образование отбела, газовой или усадочной пористости, либо свести их к минимуму. Но, следует помнить, что гарантом получения качественного литья и улучшения структуры чугуна является правильный подбор модификаторов и режимов модифицирования.

Тема: Высокопрочные чугуны. Легированные чугуны

Высокопрочными называют чугуны, в которых графит имеет шаровидную форму. Их получают модифицированием магнием, который вводят в жидкий чугун в количестве 0,02-0,08%. Ввиду того, что модифицирование чугунов чистым магнием сопровождается сильным пироэффектом, чистый магний заменяют легатурами (например, сплавом магния и никеля). Чугун после модифицирования имеет следующий химический состав: 3,0-3,6% С; 1,1-2,9% Si; 0,3-0,7% Mn; до 0,02% S и до 0,1% P. По структуре металлической основы высокопрочный чугун может быть ферритным или перлитным. Ферритный чугун в основном состоит из феррита и шаровидного графита. В нем допускается до 20% перлита. Структура перлитного чугуна: сорбитообразный или пластинчатый перлит и шаровидный графит. В ней допускается до 20% феррита. Шаровидный графит - менее сильный концентратор напряжений, чем пластинчатый графит, и потому меньше снижает механические свойства металлической основы. Чугуны с шаровидным графитом обладают более высокой прочностью и некоторой пластичностью. Маркируют высокопрочные чугуны по пределу прочности и относительному удлинению (см. табл. 1).

Таблица 20. Механические свойства высокопрочных чугунов (ГОСТ 7293-79)

Чугун	σ_B , МПа	δ , %	НВ	Структура металлической основы
ВЧ 38-17	380	17	1400-1700	Феррит с небольшим количеством перлита.
ВЧ 42-12	420	12	1400-2000	
ВЧ 50-7	500	7	1710-2410	
ВЧ 60-2	600	2	2000-2800	Перлит с небольшим количеством феррита.
ВЧ 80-2	800	2	2500-3300	
ВЧ 120-2	1200	2	3020-3800	

Высокопрочные чугуны применяют в различных отраслях техники, эффективно заменяя сталь во многих изделиях и конструкциях. Из них изготавливают оборудование прокатных станов (прокатные валки массой до 12 т), кузнечно-прессовое оборудование (траверса пресса, шабот ковочного молота), в турбостроении корпус паровой турбины, лопатки направляющего аппарата, в дизеле-, тракторо- и автомобилестроении - коленчатые валы, поршни и многие другие ответственные детали, работающие при высоких циклических нагрузках и в условиях изнашивания. В некоторых случаях для улучшения механических свойств применяют термическую обработку отливок; для повышения прочности - закалку и отпуск при 500-600° С; для увеличения пластичности - отжиг, способствующий сфероидизации перлита.

Легированные чугуны При легировании чугунов применяются те же элементы, что и при легировании стали (хром, никель, медь, титан, молибден и др.). Чугун с повышенным содержанием кремния (свыше 4%) и марганца (свыше 2%) относится к легированным чугунам. В зависимости легирования различают низколегированные (с содержанием легирующих элементов до 1-3%), среднелегированные (3-10%) и высоколегированные чугуны (свыше 10%). Маркировка легированных чугунов начинается с буквы Ч. Последующие буквы показывают наличие легирующих элементов. Цифры обозначают последовательно среднее содержание легирующих элементов в процентах. Буква Ш означает, что графит в чугуне имеет шаровидную форму. Все легирующие элементы изменяют как процесс графитизации при эвктическом превращении, так и процесс формирования металлической основы при эвтектичном превращении. Они увеличивают устойчивость жидкой фазы и аустенита, способствуя большей степени переохлаждения. Вследствие этого кристаллизация и формирование структуры металлической основы происходят в более благоприятных условиях для получения мелкого и среднего графита и более дисперсной основы. Правильно подбирая содержание основных и легирующих элементов, можно получить ферритную, перлитную, сорбитную, трооститную, мартенситную и аустенитную структуры металлической основы при определенных размерах, форме и распределении графита. По химическому составу различают несколько групп легированных чугунов: хромистые, кремнистые, алюминиевые, марганцевые и никелевые, а по условиям эксплуатации - жаростойкие, жаропрочные износостойкие, коррозионностойкие и немагнитные. При этом один и тот же легирующий элемент придает чугуну одновременно несколько специальных свойств.

Хромистые чугуны применяют главным образом как жаростойкие, коррозиестойкие и износостойкие материалы. Износостойкость чугуна определяется его структурой и твердостью, большая часть высокохромистых чугунов успешно работает в условиях ударного абразивного изнашивания и истирания.

Кремнистые чугуны применяют главным образом как окалино- и коррозиестойкие материалы. Механические свойства кремнистых чугунов относительно низкие как при нормальных так и при повышенных температурах и понижаются с увеличением содержания кремния. С целью повышения механических свойств, кремнистые чугуны иногда легируют медью.

Литейные свойства низкокремнистых чугунов мало отличаются от свойства СЧ и ВЧШГ.

Алюминиевые чугуны применяют как жаростойкие и износостойкие материалы. Увеличение содержания Al до 12% приводит к непрерывному снижению прочности, которая в дальнейшем стабилизируется. Максимальную твердость имеют чугуны, содержащие 10-17% Al и свыше 26% Al. Наиболее технологичным является чугун, содержащий 19-25% Al(ЧЮ22), причем чугун с шаровидным графитом обладает повышенной прочностью и жаропрочностью.

Марганцевые чугуны применяют как немагнитные и износостойкие материалы. В марганцевых антифрикционных чугунах, как и в высоконикелевых, медленное охлаждение и отпуск способствуют выпадению большого количества карбидов и снижению легированности аустенита. В структуре антифрикционных марганцевых чугунов содержится 45-55% аустенита и 10-30% карбидов – в литом состоянии; 80-90% аустенита и 5-8% карбидов – после закалки. Именно поэтому твердость чугуна в незакаленном состоянии бывает выше, чем в закаленном (1800-2900 и 1400-1800 МПа соответственно).

Никелевые чугуны – немагнитные, коррозиестойкие, жаропрочные и хладостойкие материалы. Прочность и твердость никелевых чугунов возрастает с увеличением содержания Ni, Cr. Аустенитный чугун с ШГ обладает высокой жаропрочностью. Дополнительное легирование повышает жаропрочность. Чугун ЧН20ДГ является жаропрочным и хладостойким материалом.

Тема : Металлическая шихта

Использование: при выплавке чугунов для получения качественных отливок. Сущность изобретения: для повышения плотности и горячей твердости при уменьшении брака по газовым и усадочным дефектам и снижения расхода чушковых чугунов шихта содержит, мас. %: чушковой чугуна 15 - 19; стальные отходы 5 - 10; ферросплавы 1 - 10; лигатуры 22 - 45; собственные чугунные отходы - остальное, а лигатура содержит, мас. %: углерод 1,3 - 3,0; кремний 0,1 - 0,5; марганец 0,10 - 1,5; фосфор 0,05 - 0,20; сера 0,05 - 0,20; хром 0,04 - 1,0; медь 0,03 - 1,0; титан 0,05 - 0,3; ванадий 0,03 - 0,30; никель 0,03 - 0,15; бор 0,002 - 0,006; железо - остальное. Чугун, выплавленный из этой шихты имеет: плотность 7,05 - 7,12 г/см³, твердость НВ при 20°С 197 - 217, при 500°С 187 - 207, количество отливок с газовыми и усадочными дефектами не превышает 0,4%. 2 табл. Изобретение относится к металлургии и может быть использовано для выплавки качественных чугунов для получения ответственных отливок. Наиболее близким техническим решением является металлическая шихта следующего состава, мас. %: Чугун доменный чушковый 20-40 Чугунные отходы 25-50 Стальные отходы 5-20 Ферросплавы 5-10 Лигатура на основе железа 5-20 причем лигатуры на основе железа содержит, мас. %: Фосфор 0,1-0,4 Хром 0,05-1,0 Кремний 0,1-1,0 Молибден 0,05-1,0 Углерод 0,8-2,0 Титан 0,01-0,05 Никель 0,05-1,0 Азот 0,005-0,01 Сера 0,1-0,4 Железо Остальное Однако чугуны, выплавляемые с использованием данной шихты, имеют недостаточную плотность и горячую твердость, а отливки, залитые этим чугуном, поражены газовыми и усадочными дефектами. Кроме того, известная шихта предусматривает использование значительных количеств чушковых чугунов. Цель изобретения - экономия чушковых чугунов, повышение плотности и горячей твердости выплавляемого чугуна при уменьшении брака отливок по газовым и усадочным дефектам. Предлагаемая металлическая шихта, содержащая чушковый чугун, стальные отходы, лигатуры, ферросплавы и чугунные отходы, содержит компоненты в следующем соотношении, мас. % : Чугуны чушковые 15-19 Стальные отходы 5-10 Лигатура 22-45 Ферросплавы 1-10 Чугунные отходы Остальное причем лигатура содержит, мас. %: Углерод 1,3-3,0 Кремний 0,1-0,5 Марганец 0,10-1,5 Фосфор 0,05-0,20 Сера 0,05-0,20 Хром 0,04-1,0 Медь 0,03-1,0 Титан 0,05-0,3 Ванадий 0,03-0,30 Никель 0,03-0,15 Бор 0,002-0,006 Железо Остальное Благодаря заданному химическому составу лигатуры, в первую очередь введению бора и ванадия, она обеспечивает улучшение наследственных свойств выплавляемого на основе предлагаемой шихты чугуна.

Известно введение в состав шихты 5-20% лигатуры для повышения изотропности свойств выплаваемого на ее основе серого чугуна.

Пример: Шихту, состоящую из 19% чушкового чугуна, 10% стали и ферросплавов, 45% лигатуры, содержащей, мас. %: С 30; Si 0,5; Mn 1,5; P 0,2; S 0,2; Cr 1,0; Cu 1,0; Ti 0,30; V 0,30; Ni 0,15; В 0,006, Fe - остальное и собственных чугуновых отходов (возврата), загружали в индукционную печь емкостью 60 т. Температура выпуска чугуна из печи составляла не более 1500°С, а температура заливки не менее 1400°С. Полученные чугуны заливали в стандартные образцы, на которых определяли твердость и прочность.

Количество газовых раковин подсчитывали на отливках гильз блоков цилиндров, а число усадочных дефектов определяли на отливках блоков цилиндров. Анализ данных, показывает, что в сравнении с известной шихтой (пример 1) использование предлагаемого технического решения (примеры 2-4) позволит повысить качество изготовленных на его основе отливок и повысить их долговечность при снижении расхода дефицитных исходных материалов. Формула изобретения: Металлическая шихта для выплавки серого чугуна, содержащая чушковый чугун, стальные отходы, лигатуру, ферросплавы и чугуновые отходы, отличающаяся тем, что, с целью повышения горячей твердости и прочности выплаваемого чугуна, экономии чушковых чугунов и снижения брака отливок по газовым и усадочным дефектам, она содержит компоненты в следующем соотношении, мас. %: Чушковый чугун - 15 - 19 Стальные отходы - 5 - 10 Лигатура - 22 - 45 Ферросплавы - 1 - 10 Чугуновые отходы - Остальное

причем лигатура содержит, мас. %:

Углерод - 1,3 - 3,0

Кремний - 0,1 - 0,5

Марганец - 0,10 - 1,5

Фосфор - 0,05 - 0,20

Сера - 0,05 - 0,20

Хром - 0,04 - 1,0

Медь - 0,03 - 1,0

Титан - 0,05 - 0,30

Ванадий - 0,03 - 0,30

Никель - 0,03 - 0,15

Бор - 0,002 - 0,006

Железо - Остальное.

Топливо играет важную роль в металлургии, так как процессы получения металлов из руд и очистка их от примесей почти всегда связаны с плавлением. Кроме того, большинство технологических операций по обработке металлов давлением и термическая обработка связаны с необходимостью его нагрева.

Топливо является не только источником тепла для расплавления руды, но оно также участвует в химических реакциях (протекающих в доменной печи) при выплавке чугуна.

Все виды топлива представляют собой горючие вещества органического происхождения.

Различают жидкое, газообразное и твердое топливо. Каждая из этих групп разделяется на естественное, т. е. применяющееся в неизменном после добычи виде, и искусственное - переработанное из естественного.

К жидкому топливу относится нефть, к газообразному - доменные и коксовые газы; к твердому - дрова, торф, горючие сланцы, бурый, и каменный уголь.

Газообразное топливо имеет ряд преимуществ по сравнению с твердым и жидким топливом. Главнейшее из этих преимуществ - удобство транспортирования (по газопроводам); возможность предварительного подогрева перед сжиганием, сжигание с небольшими избытками воздуха и т. п.

Кокс представляет собой один из видов твердого искусственного топлива. Его получают путем сухой перегонки специальных, так называемых коксующихся углей, в особых коксовальных камерах, в которых уголь нагревают без доступа воздуха. Это легкое, пористое, достаточно прочное топливо.

Древесный уголь представляет собой также искусственное твердое топливо, полученное при обжиге различных древесных пород (березы, осины, сосны и др.). Достоинством древесного угля является его небольшая зольность и незначительное количество серы, ухудшающей качество металла. Однако высокая стоимость и невысокая прочность ограничивают его применение. Древесный уголь применяется только при выплавке высококачественных сталей.

Качество топлива характеризуется его теплотворной способностью, или калорийностью. Теплотворной способностью топлива называется количество тепла, выделяемое при сжигании 1 кг твердого, жидкого или 1 м³ газообразного топлива, выраженное в калориях.

Теплотворная способность мазута - 9500-10 000 ккал/кг; естественного газа - свыше 8000 ккал/м³; коксовального газа - 3500-4500 ккал/м³; доменного колошникового газа - 850 - 1000 ккал/м³; генераторного газа - 1200-1400 ккал/м³; торфа - 1500 - 3500 ккал/кг; бурого угля - 2500-500 ккал/кг; антрацита - 6710 ккал/кг; кокса - 6000 - 7000 ккал/кг. При производстве чугуна в качестве топлива используют кокс, реже древесный уголь. Высокое качество чугуна обеспечивается следующими свойствами кокса: высокой теплотворной способностью; небольшой зольностью; достаточной механической прочностью; низким содержанием серы, которая вызывает образование в чугуне раковин, неоднородность состава, густоплавкость, ломкость в нагретом состоянии.

Флюсы. Это различные минеральные вещества, добавляемые в доменную печь для понижения температуры плавления пустых пород и способствующие удалению золы и серы, а также остатков сгоревшего топлива. Флюсы образуют с пустой породой и золой топлива легкоплавкие сплавы, которые отделяются от металла в виде шлака. Способствуя образованию шлаков, флюсы тем самым дают возможность отделить от металла пустую породу. При наличии в руде песчано-глинистых примесей в качестве флюса применяют известняк, а при известковистом составе пустой породы флюсом служат вещества, содержащие кремнезем, кварц, песчаник. В качестве флюсов в металлургии стали применяют также плавиковый шпат, хорошо разжижающий шлак и удаляющий серу. В металлургии цветных металлов в качестве флюсов применяют те же материалы, что и в металлургии черных металлов, причем наиболее распространенными являются кварц, плавиковый шпат, алюмосиликаты и др.

Методика расчета шихты для выплавки литейных сталей

Шихтой называют совокупность исходных материалов, из которых путем сплавления и последующей рафинирующей обработки расплава получают жидкую сталь. В качестве шихтовых материалов используют различные металлические и неметаллические материалы.

В плавильных агрегатах шихту нагревают и расплавляют, полученный расплав перегревают до необходимой температуры и доводят до требуемого химического состава, затем раскисляют и рафинируют от неметаллических включений и растворенных газов (водорода), а при необходимости еще и модифицируют. Процесс получения жидкой стали является сложным и сопровождается различными физическими и физико-химическими процессами – взаимным растворением компонентов сплава и их испарением, взаимодействием жидкого металла с газовой атмосферой плавильных агрегатов, со шлаками и флюсами, а также с материалом футеровки печей. Задача расчета шихты – определение необходимой комбинации исходных материалов и соотношения между ними, при котором обеспечивается получение стали, соответствующей по химическому составу и механическим свойствам требованиям, регламентируемым стандартами (ГОСТ) или техническими условиями (ТУ). При этом желательно решать данную задачу как оптимизационную, параллельно достигая максимума или минимума интересующей цели, например, максимального уровня какого-либо показателя свойств стали или минимальной стоимости шихты. Рассмотрим методику расчета шихты, оптимизируемой по целевой функции минимальной стоимости.

Расчет шихты выполняют в несколько этапов.

На первом этапе определяют расчетный химический состав стали. Для этого, прежде всего, устанавливают регламентируемые ГОСТ или ТУ требования, которым должна соответствовать выплавляемая марка стали по содержанию основных элементов и контролируемых примесей. Так, в углеродистых сталях в качестве основных элементов регламентируются содержания углерода, марганца и кремния. В легированных сталях дополнительно регламентируются все легирующие элементы, присутствующие в данном сплаве. Во всех сталях ограничиваются содержания серы и фосфора, а в нержавеющей (коррозионно-стойких) сталях – также и углерод, являющийся нежелательной примесью. Во многих легированных сталях ограничивают повышенные содержания легирующих

элементов, которые оказывают отрицательное влияние на ее фазовый состав, механические и эксплуатационные свойства. Так, в износостойких сталях типа 110Г13Л содержания хрома и никеля не должны превышать 1 %. В некоторых марках инструментальных сталей ограничиваются содержания кремния и марганца.

Расчетный состав стали может совпадать с регламентируемым или несколько отличаться от него. Они полностью совпадают, если при расчете шихты допустимые пределы содержания всех расчетных элементов принимают так, как это предусмотрено в ГОСТ или ТУ. Но в некоторых случаях при необходимости учета дополнительных факторов допустимые интервалы содержания отдельных элементов в расчетном составе могут отличаться от регламентируемого. Это обусловлено тем, что, изменяя содержание основных элементов в пределах, регламентируемых ГОСТ или ТУ, можно получить различные сочетания механических, технологических и эксплуатационных свойств. Максимальный уровень конкретных свойств достигается при определенном, но разном для каждого свойства сочетании содержания основных элементов. Поэтому расчетный состав стали, будучи в пределах регламентируемого, может иметь более узкие пределы содержания элементов. Так, например, в износостойкой стали 110Г13Л согласно ГОСТ 977-88 содержания углерода и марганца регламентируются в пределах 0,90-1,50 % и 11,50-15,00 % соответственно. Но если из этой стали изготавливают зубья ковшей экскаваторов, работающих на скальном грунте, то срок службы зубьев ковша может лимитироваться из-за их поломок вследствие высоких ударных нагрузок. В этом случае оправдано повышение пластических характеристик стали даже за счет частичной потери износостойкости. Для этого необходимо ограничить верхний предел содержания углерода в стали и сузить его расчетный интервал, например, в пределах 0,90 - 1,20 %. Соответственно, при работе экскаватора на мягком грунте, когда опасность механических поломок зубьев отсутствует, а срок их службы определяется износостойкостью стали, содержание углерода необходимо выдерживать ближе к верхнему пределу: 1,30 - 1,50 %. Расчетный состав стали представляют в виде двусторонних или односторонних неравенств:

$$\mathfrak{A}_i^H \leq \mathfrak{A}_i \leq \mathfrak{A}_i^B;$$

$$\mathfrak{A}_i \leq \mathfrak{A}_i^B;$$

$$\mathfrak{A}_i \geq \mathfrak{A}_i^H;$$

$$P_k \leq P_k^B, (27)$$

где $\mathfrak{A}_i$ - содержание i – того основного расчетного элемента стали, % масс;

$\mathcal{E}_i^H$ и $\mathcal{E}_i^B$ - соответственно нижний и верхний допустимые (или целесообразные) пределы содержания i – того расчетного элемента, % масс;

P_k и P_k^B - содержание k – той примеси и верхний предел ее допустимого содержания в стали, % масс.

Неравенства составляют по всем основным компонентам стали. Так, при расчете шихты для выплавки углеродистых сталей такие неравенства составляют по углероду, кремнию и марганцу. При расчете шихты для выплавки легированных сталей такие же неравенства составляют по всем легирующим элементам. Неравенства вида составляют для всех примесных элементов, которыми в литейных сталях обычно являются фосфор и сера, а в нержавеющей сталях и углерод. При расчете шихты для выплавки стали в дуговых печах необходимо учитывать выбранный вариант плавки. При плавке стали в основной дуговой печи в окислительный период для удаления фосфора и осуществления качественного “КИП” а сжигают до 0,25-0,35 % углерода. В кислой дуговой печи при плавке с окислением проводят менее интенсивный “КИП”, в течение которого сжигают до 0,15-0,20 %. С учетом изложенного верхний и нижний пределы расчетного содержания углерода в стали должны быть больше регламентируемых на соответствующую величину. При расчете шихты для выплавки стали в дуговой печи без окисления необходимо учесть науглероживание расплава от электродов. В этом случае расчетный интервал содержания углерода, наоборот, должен быть ниже на 0,1–0,2 %.

На втором этапе составляют перечень шихтовых материалов, которые можно (или обязательно нужно) использовать при выплавке стали заданной марки. В этот перечень обязательно входят стальной лом (как основа шихты) и возврат производства (в связи с необходимостью утилизации собственных отходов). Кроме того, в этот перечень для обеспечения требований по содержанию углерода, кремния и марганца включают науглероживатель (чугун передельный, бой графитовых электродов или кокс), ферросилиций и ферромарганец. При выплавке легированных сталей этот перечень дополняют также материалами, содержащими необходимые легирующие элементы. Перечень должен содержать информацию о химическом составе и стоимости (ценах) всех компонентов шихты.

На третьем этапе устанавливают степень усвоения элементов из шихтовых материалов и рассчитывают их приведенный химический состав, т. е. определяют количество каждого расчетного элемента, которое за вычетом угара переходит в жидкий металл из всех компонентов шихты.

Приведенный химический состав шихтовых материалов отличается от исходного, так как учитывает только эффективное, усваиваемое жидкой сталью содержание элементов. Поэтому приведенное содержание каждого элемента меньше исходного на величину его угара:

$$\Theta_{ij, \text{пр}} = \Theta_{ij} - \Delta \Theta_{ij}, \quad (28)$$

где Θ_{ij} и $\Delta \Theta_{ij}$ – исходное содержание расчетного элемента Θ_i в j – том компоненте шихты и его изменение в процессе плавки стали, %;

$\Theta_{ij, \text{пр}}$ – приведенное содержание расчетного элемента Θ_i в j – том компоненте шихты, %.

Угар элементов обычно выражают в процентах:

$$Y_{\Theta_{ij}} = \frac{\Delta \Theta_{ij}}{\Theta_{ij}} \times 100 \quad (29)$$

$$\Theta_{ij, \text{пр}} = \Theta_{ij} \times \frac{100 - Y_{\Theta_{ij}}}{100} = \Theta_{ij} \times K_{\Theta_{ij}}, \quad (30)$$

где $K_{\Theta_{ij}}$ – коэффициент усвоения элемента Θ_i из j – того компонента шихты.

Наиболее благоприятные условия для угара элементов имеют место при нагреве и плавлении шихты, а также при проведении окислительного периода. При этом одни элементы (медь, никель и молибден) окисляются незначительно, а другие (титан, алюминий, цирконий, церий и хром) окисляются весьма интенсивно. С учетом этого для уменьшения угара элементов шихтовые материалы загружают в печь дифференцированно. Так, в завалку включают стальной лом, науглероживатели и компоненты, которые содержат малоокисляющиеся элементы, например катодные никель и медь или отходы, содержащие эти элементы. Остальные компоненты шихты загружают в печь в виде присадки в последующие периоды плавки. Так, молибденсодержащие компоненты шихты можно загружать в окислительный или восстановительный периоды плавки, марганец-, кремний- и хром-содержащие компоненты – лучше в восстановительный период, а титан и алюминий – в конце плавки, незадолго до выпуска стали из печи. Угар элементов также зависит от варианта проведения плавки. При плавке стали в печах с основной футеровкой кремний из компонентов завалки выгорает почти полностью, а угар марганца незначителен. При плавке стали в печах с кислой футеровкой, наоборот, марганец из компонентов завалки выгорает значительно больше, чем кремний.. Сера и фосфор при плавке стали в печах с основной футеровкой могут

быть удалены на 50-70 %. В то же время при плавке стали в печах с кислой футеровкой содержание этих элементов при плавке практически не изменяется. Угар элементов, при прочих равных условиях, зависит и от их абсолютного содержания в компонентах шихты. Из высококонцентрированных шихтовых материалов легирующие элементы в абсолютном выражении выгорают больше, но в относительном выражении они усваиваются полнее, чем из низкоконцентрированных шихтовых материалов. При плавке стали в индукционных печах окислительные процессы развиваются слабо, поэтому угар элементов из шихтовых материалов, вводимых в печь при завалке или в качестве присадки, отличаются незначительно.

Таблица 31. Коэффициенты усвоения элементов из шихтовых материалов при плавке стали в индукционных электропечах

Легирующие элементы	Завалка	Присадка
C Mn Si Cr. V Ni. Cu. Mo Co.	0,90 0,80 0,80 0,85 0,97	1,00 0,90 0,95 0,95 0,99 0,95
W. Nb Al Ti Zr P. S	0,95 (0) 0,50 (0) 1,00	0,75 0,90 0,50 1,00

Таблица 32. Коэффициенты усвоения элементов из шихтовых материалов при плавке стали без окисления в электродуговых печах с основной (числитель) и кислой (знаменатель) футеровкой

Легирующие элементы	Завалка	Присадка
C Mn Si Cr. Ni. W. Nb	0,90 0,80 - 0,90 / 0,60 – 0,70	1,00 0,90 – 0,95 / 0,80 – 0,85 0,90
V Mo. Co. Cu. Al Ti	0,60 / 0,80 0,85 0,95 - 0,97 0,90	/1,00 0,95 0,97 0,95 0,85 – 0,90
Zr P. S	0,80 0,50 – 0,85 0,95 (0) 0,10 (0) 1,00	0,90 – 0,95 0,97 0,75 0,50 0,40 1,00

Нижнее значение при малых, а верхнее – при более высоких содержаниях легирующих элементов в шихтовых материалах

Таблица 33. Коэффициенты усвоения элементов из шихтовых материалов при плавке стали с окислением в дуговых электропечах с основной (числитель) и кислой (знаменатель) футеровкой

Легирующие элементы	Завалка	Присадка
C Mn Si Cr. Ni. Mo. Co. Cu W. Nb V Al Ti Zr P. S	0,85 0,30 ÷ 0,70 / $\approx$ 0,0 $\approx$ 0,0 / 0,70 – 0,80 0,80 0,95 0,90 0,50 0,20 – 0,50 0 0,30 ÷ 0,50 / 1,00 0,30 - 0,90 / 1,00	1,00 0,90 ÷ 0,95 / 0,70 – 0,80 0,90 / 1,00 0,95 0,97 0,95 0,85 ÷ 0,90 0,90 - 0,95 0,75 0,50 0,40 0,80 / 1,00 1,00 / 1,00

Нижнее значение при малых, а верхнее – при более высоких содержаниях легирующих элементов в шихтовых материалах.

На четвертом этапе составляют систему расчетных уравнений. Эти уравнения условно можно разделить на 5 групп. Первую группу образуют балансовые уравнения по основным расчетным элементам. Поскольку в сталях содержание основных элементов регламентируется в каком-то интервале значений, то балансовые уравнения первой группы имеют вид двусторонних неравенств. Во вторую группу входят балансовые уравнения по контролируемым примесям. Они, ввиду ограничения содержания примесей по верхнему пределу, имеют вид односторонних неравенств. Третью группу образует балансовое уравнение по количеству шихты, которое имеет вид равенства. Количество шихтовых материалов в нем может выражаться в абсолютных или относительных единицах измерения массы выплавленной стали, т. е. в килограммах (тоннах), процентах или долях от единицы. Четвертую группу составляют технологические ограничения, которые представляют собой математические выражения требований на использование тех или иных шихтовых материалов. К таким требованиям относятся: необходимость обязательного освежения шихты; ограничения по использованию в шихте некоторых видов отходов; желательность полного использования отходов собственного производства; ограниченность запасов некоторых видов шихтовых материалов и т. д. Технологические ограничения математически формулируются в виде равенств, односторонних или двусторонних неравенств. При расчете оптимального состава шихты к изложенным четырем добавляется целевая функция, которая служит критерием оптимизации и которую можно рассматривать как пятую группу расчетных уравнений.

Двусторонние неравенства вида (2.4.5) можно представить как два односторонних неравенства вида (2.4.6) и (2.4.7). С учетом изложенного, а также в соответствии с (2.4.9) получаем следующие расчетные уравнения.

Балансовые уравнения первой группы включают все ограничения по содержанию основных расчетных элементов. Для углеродистых сталей такие уравнения составляют по углероду, кремнию и марганцу:

$$\sum_{j=1}^n C_{j, \text{ПР}} \times X_j \geq C^{\text{H}} \text{ и } \sum_{j=1}^n C_{j, \text{ПР}} \times X_j \leq C^{\text{B}} ;$$

$$\sum_{j=1}^n \text{Si}_{j, \text{ПР}} \times X_j \geq \text{Si}^{\text{H}} \text{ и } \sum_{j=1}^n \text{Si}_{j, \text{ПР}} \times X_j \leq \text{Si}^{\text{B}} ;$$

$$\sum_{j=1}^n \text{Mn}_{j, \text{ПР}} \times X_j \geq \text{Mn}^{\text{H}} \text{ и } \sum_{j=1}^n \text{Mn}_{j, \text{ПР}} \times X_j \leq \text{Mn}^{\text{B}} ;$$

Для легированных сталей такие же уравнения составляют по всем легирующим элементам.

Балансовые уравнения второй группы касаются ограничений по содержанию контролируемых примесей, в частности серы и фосфора.

$$\sum_{j=1}^n P_{j, \text{ПР}} \times X_j \leq P^{\text{B}} \text{ и } \sum_{j=1}^n S_{j, \text{ПР}} \times X_j \leq S^{\text{B}} .$$

Балансовое уравнение третьей группы касается количества выплавляемой стали. Оно может быть представлено в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^n X_j = M , \quad \sum_{j=1}^n X_j = 100 \text{ или } \sum_{j=1}^n X_j = 1 .$$

При этом значение X_j представляет собой долю участия j -того компонента шихты в получении стали заданного состава. В первом случае количество выплавляемой стали M принимают в абсолютных значениях (в кг или тоннах), соответственно значения X_j рассчитывают в таких же единицах. Во втором случае количество выплавляемой стали принимают за 100 % и расход компонентов шихты определяют в %-ных долях. В третьем случае количество выплавляемой стали принимают равной единице и расход компонентов шихты определяют в долях от неё.

Балансовые уравнения четвертой группы включают технологические ограничения на использование того или иного шихтового материала. Эти ограничения могут быть обусловлены техническими возможностями переработки в плавильном агрегате некоторых видов шихтовых материалов, например стружки. Они могут быть обусловлены также ограниченным запасом отдельных видов материалов на складах и необходимостью их равномерного использования в течение запланированного времени. Но ограничение на использование возврата производства присутствует всегда. Эти отходы в виде литников, прибылей и бракованных отливок в стальном литье обычно составляет 30-50 %. По условиям безотходного производства их желательно полностью утилизировать в следующих циклах плавки. Технологические ограничения могут касаться одного или нескольких компонентов шихты и имеют следующий вид:

$X_j \in q$; $X_j \geq p$ и/или $X_j = z$. Целевая функция при оптимизации состава шихты по критерию минимальной стоимости имеет вид:

$$\sum_{j=1}^m C_j \times X_j = C_{\min}, \quad (34)$$

где C_j – цена j -того компонента шихты, руб/т ;

$C_{\min}$ – стоимость шихтовых материалов, необходимых для выплавки 1 т жидкой стали.

На пятом этапе осуществляют поиск решения системы расчетных уравнений.

Составленные выше расчетные уравнения вместе с целевой функцией представляют собой задачу линейного программирования по нахождению минимума целевой функции при условиях – ограничениях. Поиск оптимального решения выполняется по специальному алгоритму, в частности симплексным методом, который входит в пакет прикладных стандартных программ. Условия задачи расчета шихты вводятся в ЭВМ в развернутом виде, с цифровыми значениями перед переменными X_j . Результат расчета ЭВМ выдает в виде значений действительных переменных X_j ($j \in m$), а также значений мнимых (дополнительных) переменных X_j ($j > m$). Значения действительных переменных представляют собой расчетные значения массовой доли компонентов шихты в выплавляемой стали. Значения мнимых переменных позволяют определить ожидаемые содержания расчетных элементов в стали при использовании шихты рассчитанного оптимального состава. Выше изложен оптимизационный метод расчета шихты, который основан на решении балансовых уравнений, которые могут быть заданы как в виде равенств, так и в виде неравенств. При этом используются все 4 группы балансовых

уравнений, а также целевая функция. Поэтому оптимизационный метод расчета шихты является более прогрессивным и обеспечивает более адекватный результат.

Наряду с рассмотренным расчет шихты можно выполнять другими методами: аналитическим, графическим и графо-аналитическим, подбором и последовательным корректированием, а также оптимизационным.

Аналитический метод также основан на решении 4-х групп балансовых уравнений, но без использования целевой функции. Кроме того, балансовые уравнения обязательно должны быть заданы в виде равенств. Современные вычислительные средства позволяют сравнительно легко решать системы линейных уравнений. Однако, этот метод имеет существенный недостаток. Прежде всего, нельзя данным методом рассчитывать содержание примесей, поскольку по техническим условиям они всегда задаются в виде неравенств. А если балансовое уравнение по содержанию примесей задать в виде равенства, то его надо обязательно выполнять. Для этого формально даже придется добавлять в шихту примесь содержащий компонент, что недопустимо. Кроме того, балансовые уравнения по основным элементам сплава приходится составлять, как правило, по средним содержаниям их в сплаве. А это значительно ограничивает число возможных вариантов решения задачи.

Графический метод тоже основан на решении системы линейных балансовых уравнений, но путем графических построений. Метод отличается большой наглядностью, но ему присущи все недостатки аналитического метода. Кроме того, этим методом трудно или невозможно рассчитывать шихту для выплавки сплавов сложного состава.

Метод подбора основан на предварительном выборе на основе предыдущего опыта начального варианта шихты, проверке материального баланса по расчетным элементам и последующей компенсации выявленного дефицита элементов за счет использования новых шихтовых материалов.

Метод последовательного корректирования основан на выборе основной наиболее многокомпонентной составляющей шихты и последовательного добавления к ней необходимого количества других составляющих (лигатур и чистых металлов).

Расчет шихты аналитическим методом

Рассчитать шихту для отливки «поршень» из СЧ35, с толщиной стенки — 10 мм. Расчет ведем на 100 кг шихты.

Таблица 21. Согласно ГОСТ 1412-85 хим состав серого чугуна СЧ35 состоит:

Марка чугуна	Массовая доля элементов, %				
	C	Si	Mn	P	S
СЧ35	2,9-3,0	1,2-1,5	0,7-1,1	0,2	0,12

Чугун СЧ35 имеет структуру П + Г.

Для нахождения суммарного содержания C + Si применяем структурные диаграммы Грейнера и Маурера.

Для отливки с толщиной стенки — 10 мм. C + Si = 4,55 %.

Согласно ГОСТ 1412-85 количество углерода принимаем C = 2,9 %, тогда содержание Si = 4,55-2,9=1,65%

Содержание остальных элементов также принимаем согласно ГОСТ 1412 - 85

Mn = 0,9%

P = 0,2%

S = 0,12%

2. Определяем содержание элементов в шихте с учетом угара.

$$\mathcal{E}_m = \frac{\mathcal{E}_{ж.м.}}{100 - \%} \cdot 100 \quad (34)$$

где: Эм – содержание элемента в шихте.

Э.ж.м. – содержание элемента в жидком металле.

%- процент угара элемента.

При плавке чугуна в индукционной печи угар элементов составляет:

Si=20%

Mn=20%

S=40%

$$\Sigma_{Si} = \frac{1,65}{100 - 20} \cdot 100 = 2,06\%$$

$$\Sigma_{Mn} = \frac{0,9}{100 - 20} \cdot 100 = 1,13\%$$

$$\Sigma_{S} = \frac{0,12}{100 + 40} \cdot 100 = 0,09\%$$

3. Определяем количество углерода, которое нужно зашихтовать.

$$C_{ш} = \frac{C_{ж.ч.} - 1,6}{0,5} \quad (35)$$

где: $C_{ш}$ - количество углерода в отливке.

$C_{ж.ч.}$ – количество углерода в жидком чугуне, %.

$$C_{ш} = \frac{2,9 - 1,6}{0,5} = 2,6\%$$

4. Определяем количество стального лома для понижения углерода в шихте от 2.9 до 2.6 и повышение механических свойств чугуна. Для этого составляем балансное уравнение по углероду вносимого составляющими шихты.

$$ax + (100 - x) \cdot \delta = C_{ш} \cdot 100$$

где: a – содержание углерода в стальном ломе, %

x – количество стального лома в шихте, %

δ – среднее содержание углерода в чугунном ломе и чушковом чугуне.

(100-x) – количество чугуна и возврата собственного производства.

См - количество углерода в шихте

Стальной лом применяем следующего химсостава:

C=0,3% Si=0,3% Mn=0,8%

P=0,05% S=0,05%

Среднее содержание всех чугунных составляющих равно 2.9%

$$0.3x + 2.9(100-x) = 2.6 \cdot 100$$

$$0.3x + 290 - 2.9x = 260$$

$$2.6x = 30$$

$$x = 11.5\%$$

Количество углерода, вносимое этим составляющим, будет:

$$\frac{3.0 \cdot 22}{100} = 0.66 \text{ кг}$$

Содержание Si – 1.6%

Количество Si вносимое в шихту:

$$\frac{1.6 \cdot 22}{100} = 0.35 \text{ кг}$$

Содержание Mn – 1.2%

Количество Mn вносимое в шихту:

$$\frac{1.2 \cdot 22}{100} = 0.26 \text{ кг}$$

Содержание Р– 0.2%

Количество Р вносимое в шихту:

$$\frac{0.2 * 22}{100} = 0.04 \text{ кг}$$

Содержание S– 0.15%

Количество S вносимое в шихту:

$$\frac{0.15 * 22}{100} = 0.03 \text{ кг}$$

Аналогично для чугуна и стального лома. Данные заносим в таблицу.

После этого сложением массы внесенного элемента каждым составляющим шихты, определяем статью «Итого в отходах и ломе».

1. Отходы собственного производства внесли углерода — 0,66 кг.

2. Чугунный лом — 0,465 кг. 3. Стальной лом — 0,02 кг.

Итого в отходах и ломе: 1.145 кг.

5. Для нахождения неизвестных в шихте Л1 ЛХЧ1 составляем уравнение по количеству элементов вносимых составляющими шихты. Уравнение составляем по Si.

Л1 – x

$$3.2x + 1.6(51.5 - x) = 1.27 * 100$$

$$1.6x = 44.6$$

$$x = 27.9 = \text{Л1}$$

$$\text{ЛХЧ1} = 51.5 - 27.9 = 23.6$$

Находим содержание элементов в Л1 и ЛХЧ1 и заносим их в таблицу.

6. Определяем состав шихты для индукционной плавки. Обычно в состав шихт входят:

Возврат собственного производства, количество его равно сумме отходов на литниковые системы и браку отливок. Для отливок из серого чугуна возврат составляет 30 — 35 %.

Лом чугунный 15 - 25%. Количество чугунного лома необходимо принимать из расчета того, чтобы в сумме с возвратом собственного производства на их долю припадало 40 - 45 % состава шихты.

Доменный чушковый чугун 20 - 40 %.

Стальной лом около —10%.

Принимаем следующий состав шихты:

Отходы собственного производства — 22 %.

Чугунный лом — 15%

Чушковые чугуны: Л1, ЛХЧ1.

Стальной лом — 11.5 %

Вывод

Во время расчёта шихты я определил количество различных шихтовых материалов, которые обеспечит получение жидкого чугуна заданного химического состава, а следовательно и определенных механических свойств. Исходными данными для расчета шихты служили заданный химический состав жидкого чугуна. Величина угара или пригара элементов в процессе ее плавки, химический состав всех шихтовых материалов и технические условия на отливку.

Тема : Основы плавки в вагранке

Однако наряду с достоинствами вагранки обладают и рядом недостатков, к которым относятся:

- необходимость применения дефицитного каменноугольного значительный расход дорогостоящего литейного чугуна;
- невозможность получения чугуна высоких марок;
- недостаточный перегрев чугуна;
- загрязнение воздушного бассейна окисью углерода и пылью.

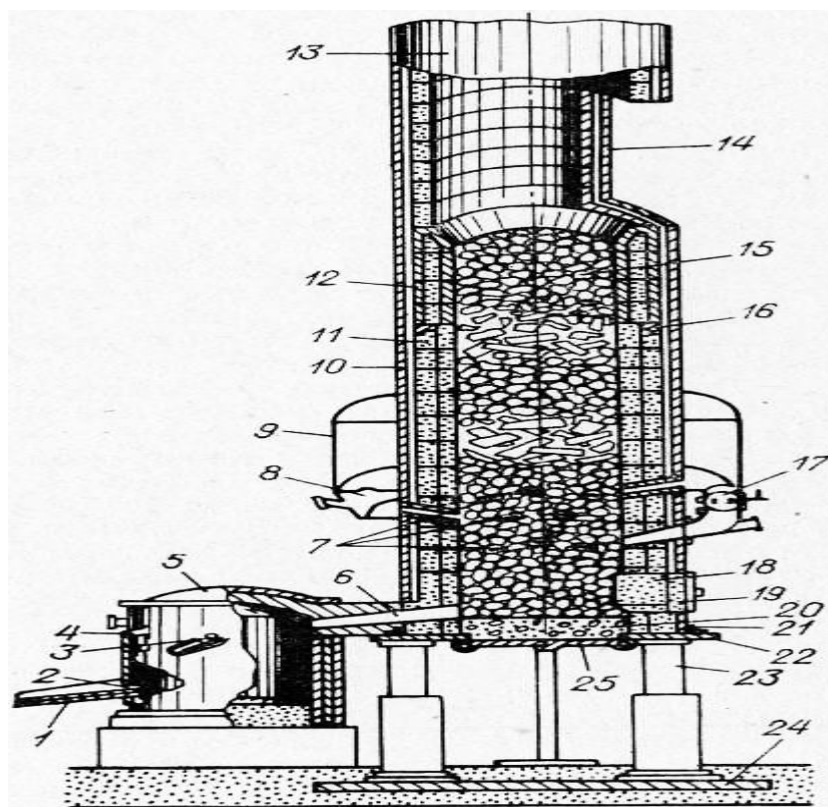


Рисунок 93. Схема вагранки обычной конструкции.

В настоящее время при проектировании чугунолитейных заводов и цехов вагранки заменяются электрическими печами. Однако в течение еще многих лет будут эксплуатироваться и вагранки. Во избежание загрязнения окружающей среды они должны быть оборудованы устройствами для дожигания окиси углерода (при этом окись углерода и углеводороды, содержащиеся в газах, сгорают, образуя углекислоту и водяные пары в безвредных количествах), а также устройствами для мокрого обеспыливания отходящих газов.

Конструкция вагранки. Вагранка представляет собой плавильную печь шахтного типа, состоящую из опорной части, шахты с дымовой трубой и искрогасителем, фурменного пояса с воздухопроводом и загрузочным устройством. Важнейшим параметром вагранки является ее часовая производительность (т/ч жидкого чугуна). Вагранки строятся производительностью от 1 до 45 т/ч.. Шахта вагранки, в которой происходят основные процессы плавки, состоит из стального кожуха и футеровки. Верхняя часть шахты — от порога колошниковой окна на глубину 1—1,2 м, подвергается механическому разрушению под действием загружаемой шихты, футеруется чугунными пустотелыми ирпичами, которые засыпаются сухим кварцевым песком. Для оддержания кладки и повышения жесткости кожуха к внутренней его поверхности приваривают сегменты из углового железа на расстоянии 800—1000 мм друг от друга. Набивку пода 20 и розжиг вагранки производят через рабочее окно, которое перед началом плавки закрывается дверцей. В кожухе вагранки вырезаются отверстия для колошниковой и рабочего окон, фурм и переходной лётки. На трубе сверху укрепляется искрогаситель. Опорная часть. Обычно вагранки устанавливают на бетонный фундамент, на котором закрепляется болтами фундаментная плита. Опорные колонны отливаются из качественного чугуна (при вагранках диаметром до 900 мм) или из стали. Нижними фланцами колонны крепятся к фундаментной плите. К верхним фланцам присоединяется стальная подовая плита. В центре подовой плиты имеется круглое отверстие для выгрузки остатков плавки. Отверстие закрывается двумя литыми полукруглыми дверцами, подвешенными на петлях и снабженными особым затвором. К подовой плите приваривается кольцевой фланец из углового железа. С помощью этого фланца кожух вагранки приваривается к плите. Фурменное устройство. Воздухопровод, воздушная коробка и два-три ряда фурм представляют собой единую систему, подводящую воздух в область горения топлива и равномерно распределяющую его по периметру вагранки. От вентилятора воздух подводится к воздушной коробке, откуда он поступает через фурмы в вагранку. Для регулирования поступления воздуха в вагранку через фурмы первого ряда к воздушной коробке болтами крепятся цилиндрические патрубки, в которых монтируются дроссельные клапаны. К нижнему концу патрубков прикрепляется отводное колено, подающее воздух в фурменные отверстия нижнего ряда. Второй ряд фурм соединяется с воздушной коробкой короткими рукавами. Фурмы имеют прямоугольное сечение с расширением внутрь вагранки. Они отливаются из чугуна и прикрепляются к кожуху вагранки болтами. Для наблюдения за состоянием фурм и очистки от шлака и их коленах и патрубках закреплены откидные крышки со слюдяными глазками. Копильник. В зависимости от характера производства применяют вагранки с копильником или без него.

В цехах с конвейерной заливкой металла, с частым его отбором, при изготовлении небольших отливок используют вагранки без копильника. В таких вагранках чугун скапливается в горне — в части печи, расположенной между фурмами и подом. При этом расплавленный чугун находится в соприкосновении с коксом холостой колоши, в результате чего в нем повышается содержание углерода и серы. В цехах, изготавливающих крупные отливки, когда одновременно требуется значительное количество жидкого чугуна, вагранки оборудуются копильниками, обеспечивающими получение чугуна стабильного химического состава с уменьшенным содержанием углерода и серы и более равномерный ход плавки. Копильник соединяется с вагранкой переходной лёткой, сечение которой выбирается таким, чтобы чугун и шлак свободно выходили из горна вагранки в копильник. К рабочей дверце копильника прикреплен желоб для выпуска чугуна через лётку. Выпуск шлака производится через шлаковую лётку. Ремонт копильника осуществляется через проем рабочей дверцы. В некоторых конструкциях для стока цели предусматривают съемную крышку. Искрогаситель. В процессе работы вагранки в дымовую трубу газами уносится большое количество раскаленной пыли. Для ее улавливания во избежание пожаров и загрязнения территории завода наверху дымовой трубы укрепляется искрогаситель.

Основные размеры вагранки. Опыт показывает, что хорошие результаты работы достигаются только при определенных соотношениях между размерами основных частей вагранки. Наиболее важными из них являются внутренний диаметр D , полезная высота H и отношение ее к внутреннему диаметру ($H : D$), а также площадь поперечного сечения фурм f и отношения ее к площади F поперечного сечения вагранки в области фурм. Диаметр вагранки. Производительность вагранки исчисляется количеством переплавленного металла за час (т/ч) и находится в прямой зависимости от площади ее сечения, которая определяется ее внутренним диаметром. Полезная высота вагранки. Полезной высотой называется расстояние от оси нижнего ряда фурм до порога колошникового окна. Эта высота имеет большое значение для процесса теплообмена между горячими газами и загруженными в вагранку шихтовыми материалами и жидким чугуном.

Размеры фурм. Основные зоны вагранки. При плавке в вагранке шихтовые материалы движутся сверху вниз и нагреваются горячими газами, движущимися снизу вверх. В зависимости от характера протекающих процессов вагранку по высоте можно условно разделить на 5 зон (сверху вниз). Для плавки чугуна применяются вагранки, пламенные и электрические печи. К основным особенностям плавки в вагранках относятся непрерывность процесса, относительно низкий расход топлива и сравнительно высокий к. п. д. (40 - 45%). Стоимость плавки ниже, чем в пламенных или электрических печах.

Производительность вагранок обычно равна 1 - 20 т/ч, а в отдельных случаях до 30 т/ч.

Емкость пламенных печей для плавки чугуна составляет 3 - 80 т, но наибольшее распространение имеют печи емкостью 10 - 30 т. Пламенные печи применяются в тех случаях, когда требуется получить жидкий чугун с температурой свыше 1450° С, с низким содержанием углерода (ниже 2,7%) и серы (ниже 0,08%), а также при необходимости загрузки в печь крупного чугунного лома. Электрические печи, так же как и пламенные, применяются в тех случаях, когда требуется получить высокую температуру жидкого чугуна и особо ответственное литье из серого чугуна (например, поршневые кольца, цилиндры и др.). Преимущества этих печей особенно значительны при плавке легированного чугуна. Наибольшее распространение имеют дуговые электрические печи емкостью до 10 т; успешно внедряются и индукционные печи промышленной частоты для плавки чугуна.

В крупных механизированных цехах, изготавливающих литье из серого и ковкого чугуна, пламенные и электрические печи применяются в сочетании с вагранками. Расплавление чугуна производится в более экономичном агрегате - вагранке, а доводка по составу и температуре - в пламенной или электрической печи. Такой процесс плавки называется дуплекс-процессом. При плавке чугуна применяются шихтовые материалы, топливо и флюсы; для футеровки плавильных печей используются огнеупорные материалы.

Металлическая составляющая шихты обычно состоит из 30 - 40% доменного чугуна, 20 - 30% возврата собственного производства (литники, брак литья), 20 - 40% чугунного лома, 10 - 15% стального лома. Применяют в основном доменный чугун литейный и в незначительном количестве - переделный. Кроме того, при необходимости получения нужного химического состава чугуна в шихту присаживается доменный ферросилиций с содержанием кремния 9 - 13% и зеркальный чугун с содержанием марганца 10 - 25%. Для модифицирования чугуна применяется электротермический ферросилиций, содержащий 45 и 75% кремния.

Операции набора, взвешивания и загрузки шихты в вагранку очень трудоемки и требуют больших физических усилий, поэтому проводятся механизация и автоматизация этих операций.

При плавке в вагранке преимущественно применяется твердое кусковое топливо, обычно каменноугольный кокс. Иногда используется жидкое и газообразное топливо совместно с твердым топливом для частичной замены кокса и уменьшения его расхода.

При плавке в вагранке можно частично применять и другие виды топлива: литейный антрацит, термоантрацит, пекотущий кокс и др., однако чаще всего используется литейный кокс.

В процессе плавки в вагранке образуются шлаки, содержащие золу кокса, песок, приставший к поверхности чушек, оплавившуюся футеровку и продукты окисления кремния (SiO_2), марганца (MnO), железа (FeO) и др. Для перевода их в жидкий шлак в вагранку загружают флюс - известковый камень.

Для пламенных печей может быть использован любой вид топлива: твердое, жидкое, газообразное и пылевидное.

Наибольшее распространение имеет плавка чугуна в вагранках. В них переплавляется более 80% чугуна для производства отливок. Шахта вагранки 15, в которой происходят основные процессы плавки, состоит из кожуха 10 и футеровки 11. Кожух сваривается из отдельных цилиндрических обечаек высотой 1 - 1,5 м, изготавливаемых из листовой стали толщиной 6 - 10 мм в зависимости от диаметра вагранки.

Часть шахты, расположенная ниже завалочного окна на 0,8 - 1,2 м, подвергается механическому разрушению под действием загружаемой шихты, поэтому верхняя часть шахты выкладывается чугунными пустотелыми кирпичами 12, которые в процессе кладки засыпают песком. Для поддержания кладки и увеличения жесткости кожуха к внутренней поверхности его приваривают отдельные сегменты 16.

Набивка пода 20 и розжиг вагранки производятся через рабочее окно 18, которое перед началом плавки закладывается шамотным кирпичом и закрывается дверцей 19. В кожухе вагранки вырезаются отверстия для загрузочного окна 14, рабочего окна 18, фурм 7 и соединительной летки б. Дымовая труба 13 является продолжением кожуха и только для вагранок диаметром более 1300 мм она несколько сужается для уменьшения веса и расхода футеровочного материала.

Обычно вагранки устанавливают на кирпичный или бетонный фундамент толщиной 350 - 500 мм, на котором закрепляется болтами фундаментная плита 24. Опорные колонны 23 отливаются из качественного чугуна (у вагранок диаметром до 900 мм) или из стали. Колонны нижними фланцами прикрепляют к фундаментной плите, к верхним же фланцам присоединяют стальную подовую плиту 22.

В центре подовой плиты имеется круглое отверстие для выгрузки остатков плавки. Отверстие закрывается двумя литыми полукруглыми дверцами 26, подвешенными на петлях и снабженными особым затвором; кроме того, дверцы подпираются стальной стойкой 25. К подовой плите приваривается кольцевой фланец 21 из углового железа, при помощи которого кожух вагранки приваривается к плите.

Воздухопровод, воздушная коробка 9 и три ряда фурм 7 представляют собой единую систему, подводящую воздух в область горения топлива и равномерно распределяющую его

по периметру вагранки. Воздух от вентилятора подводится к воздушной коробке, откуда он поступает через фурмы в вагранку.

Для регулирования количества дутья, поступающего в вагранку через фурмы первого ряда, к воздушной коробке на болтах прикрепляются цилиндрические патрубки, в которых монтируются дроссельные клапаны 17. К нижнему концу патрубков прикрепляется отводное колено, подающее воздух в фурменные отверстия нижнего ряда.

Второй ряд фурм соединяется с воздушной коробкой короткими рукавами 8, третий же ряд фурм соединяет вагранку непосредственно с воздушной коробкой.

Копильник 4 представляет собой стальной кожух (толщина листа 8 - 10 мм), футерованный огнеупорным материалом. Копильник установлен на кирпичном фундаменте и соединен с вагранкой переходной леткой 6. К рабочей дверце копильника прикреплен желоб 1 для выпуска чугуна через летку 2. Выпуск шлака производится через шлаковую летку 3. Ремонт копильника осуществляется через рабочую дверцу. В некоторых конструкциях для этой цели устраивают съемную крышку 5.

В процессе работы вагранки в дымовую трубу уносится газами большое количество раскаленной пыли, которая осаждается на крыше помещения цеха и территории завода. Во избежание пожаров и загрязнения территории завода наверху дымовой трубы укрепляется искрогаситель для улавливания выделяющейся пыли.

Для уменьшения расхода футеровки и удлинения периода работы вагранки без текущего ремонта строят также вагранки с водяным охлаждением плавильного пояса.

Имеются конструкции вагранок (Гипростанок) с аппаратурой для автоматического контроля и регулирования процесса плавки, с высоким подогревом дутья, водяным охлаждением плавильного пояса, мокрой очисткой, дожиганием ваграночных газов и поворотным подогреваемым копильником барабанного типа.

После очередного ремонта вагранки, заключающегося в замене огнеупорного кирпича, выгоревшего при предыдущей плавке, в набивке пода формовочной смесью производят розжиг вагранки дровами, уложенными на под вагранки. После разгорания дров через загрузочное окно загружают крупные куски кокса. По мере разгорания кокса загружают дополнительно кокс до тех пор, пока он не заполнит вагранку выше фурм на высоту 600 - 800 мм. Объем кокса, находящийся между подом и верхним уровнем плавильного пояса, называется холостой колошей, над которой располагают в виде отдельных слоев металлическую шихту и рабочие топливные колоши. Флюс загружается вместе с топливом.

Воздух, вдуваемый через фурмы, вызывает интенсивное горение кокса, в результате чего в вагранке столб горячих газов, поднимающихся вверх, встречается с металлической частью

шихты и нагревает ее.

Для устойчивости процесса плавки необходимо, чтобы уровень холостой колоши был всегда один и тот же. Это достигается тем, что вместо сгоревшей части кокса в холостую колошу вводится кокс из рабочих колош.

На высоте от уровня фурм 400 - 800 мм металл расплавляется и вместе со шлаком стекает вниз в горн и в копильник. После окончания плавки открывается днище вагранки, разрушается под и все остатки шихты вываливаются.

В процессе плавки происходит изменение химического состава шихтовых материалов вследствие окисления (угара) отдельных элементов. Содержание углерода практически мало изменяется. При производстве высококачественных чугунов для снижения содержания углерода в состав шихты вводят 15 - 25% стального лома, содержание которого в шихте иногда может быть больше 25 %.

Величина угара кремния составляет 10 - 15 %, а марганца 15 - 20%. Никель как трудноокисляющийся материал незначительно угорает; угар хрома равен 20 - 30 %, угар фосфора при плавке обычно не учитывается. Количество серы в чугуне увеличивается на 40 - 60% по сравнению с содержанием ее в шихте вследствие того, что часть серы, содержащейся в коксе, поглощается чугуном.

Получение чугуна с повышенной температурой снижает брак литья, уменьшает расход металла на литниковую систему и сокращает слив металла. Особое значение имеет перегрев при производстве модифицированного и высокопрочного магниевого чугуна.

Продувка жидкого чугуна кислородом повышает температуру чугуна за счет окисления примесей. При расходе кислорода 6 - 8 м³ на 1 т расплавленного металла чугун нагревается до 1430 - 1450° С. Продувку чугуна кислородом осуществляют в горне, копильнике вагранки или в литейном ковше.

Электроподогрев чугуна производится на желобе вагранки. На площадке вагранки установлен трансформатор мощностью 500 кВА с напряжением на входе 380 В и на выходе 17,3 - 47,26 В; от него протянуты два провода к электродам, помещенным в желобе вагранки. Металл проходит по каналу, выполненному из шамотных трубок. Для обеспечения необходимого давления чугуна в канале установлена перегородка на конце желоба. Чугун, протекающий по каналу, замыкает электрическую цепь между электродами и нагревается.

Температуру нагрева чугуна можно регулировать временем прохождения тока между электродами. Для увеличения перегрева металла применяют дуплекс-процесс. Жидкий чугун из вагранки сливают в электродуговую печь, где чугун перегревают до необходимой

температуры.

При выплавке обычного серого чугуна достаточный перегрев можно получить тщательной разделкой металлической шихты на мелкие куски, применением отсортированного от мелочи кокса и правильным ведением процесса плавки. Соблюдением этих условий при плавке в вагранке обеспечивается получение перегретого металла с температурой 1380 - 1390° С. Дальнейшее повышение температуры металла достигается подогревом дутья, обогащением дутья кислородом и др. Подогрев дутья повышает температуру жидкого чугуна до 1420 - 1450°С, приводит к снижению расхода кокса на 20 - 30% и к повышению производительности вагранки.

Повышение концентрации кислорода в воздухе ведет к повышению температуры газов в вагранке за счет интенсивного горения топлива и уменьшения ввода в вагранку азота. В результате повышается перегрев металла и снижается расход топлива.

Кислород вводится в вагранку двумя способами: общим обогащением подаваемого в вагранку воздуха и вдуванием кислорода через отдельные трубки в фурмы вагранки. Кислород к вагранкам подается от заводской кислородной станции или от баллонов. Расход кислорода составляет 10 - 20 м³ на 1 т чугуна. Применением кислорода для ваграночной плавки повышается температура жидкого чугуна на 20 - 50°, увеличивается производительность вагранки на 20 - 40%, снижается содержание серы в чугуне на 25 - 30%.

В процессе плавки металла периодически и при каждой смене состава шихты отливают пробные бруски для определения химического состава или отливают пробу в виде клина для контроля состава чугуна по величине отбела.

В форму заливают металл заранее известного химического состава, определяемого анализом проб в процессе плавки на содержание основных элементов металла. Проверяется соблюдение технологического процесса плавки: правильность загрузки шихтовых материалов, их габариты, давление дутья, температура жидкого металла и др.

Обычные коксовые вагранки не всегда удовлетворяют требованиям по температуре и качеству чугуна. Поэтому с целью повышения температуры и получения малоуглеродистого чугуна совершенствуют конструкции вагранок, применяют природный газ, кислород и т. д. Вагранки с несколькими рядами фурм. Благодаря работам¹ Л. М. Мариенбаха, В. П. Чернобровкина и других доказано, что доп-¹лнительный подвод воздуха в вагранку путем устройства добавочных одного — трех рядов фурм способствует в ряде случаев более равномер-¹ному распределению потока газов по сечению вагранки и более полному их сжиганию. При этом большое значение имеет правильное распределение воздуха между основным и добавочным рядами фурм и оптимальное расположение этих рядов по высоте вагранки. Нижний ряд является основным, через него проходит большая часть воздуха. Остальная часть воздуха подается в вагранку через дополнительные ряды фурм. Основные типы вагранок. В настоящее время самым распространенным чугуноплавильным агрегатом является вагранка, простота конструкции которой обеспечила ей широкое распространение во всем мире. Однако открытые коксовые вагранки выбрасывают в атмосферу большое количество вредных газов и пыли, а также не удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к температуре и качеству чугуна при производстве сложных отливок. В связи с этим вагранки оснащают устройствами для дожигания и очистки отходящих газов и подогрева воздушного дутья. Особенностью вагранки является доменный профиль шахты, который существенно улучшает газодинамику и теплообмен в вагранке и удобен для наружного поливного охлаждения. Фурмы выполняют вдвинутыми водоохлаждаемыми, быстросменными, по типу фурм доменных печей. Вагранки имеют огнеупорную футеровку; в большинстве случаев эта футеровка выполняется из шамотных огнеупорных изделий.



Рисунок 94 – Классификация вагранок

Для футеровки остальных зон используют изделия ШБВ и ПБВ. Кроме кислой футеровки, которая выполняется из шамотных и полукислых огнеупоров, вагранки могут иметь основную футеровку. Она используется лишь в тех случаях, когда надо получить из вагранки малосернистый чугун за счет применения основных шлаков. Работают эти вагранки обычно на горячем дутье. Для футеровки горна вагранок с водяным охлаждением, имеющих длительный цикл работы, применяют углеродистые огнеупоры в виде блоков или набивной углеродистой массы. Вагранки с водяным охлаждением плавильного пояса с горном из углеродистых материалов работают, как правило, на горячем дутье и имеют высокие технико-экономические показатели. Металл накапливается в нижней части вагранки в горне, или в специальном копильнике. В соответствии с этим различают вагранки с копильником и без него. Кокс в вагранке находится в виде толстого слоя холостой колоши и более тонких слоев рабочих колош. Его горение при подаче воздуха в фурмы определяет физико-химические условия процесса плавки.

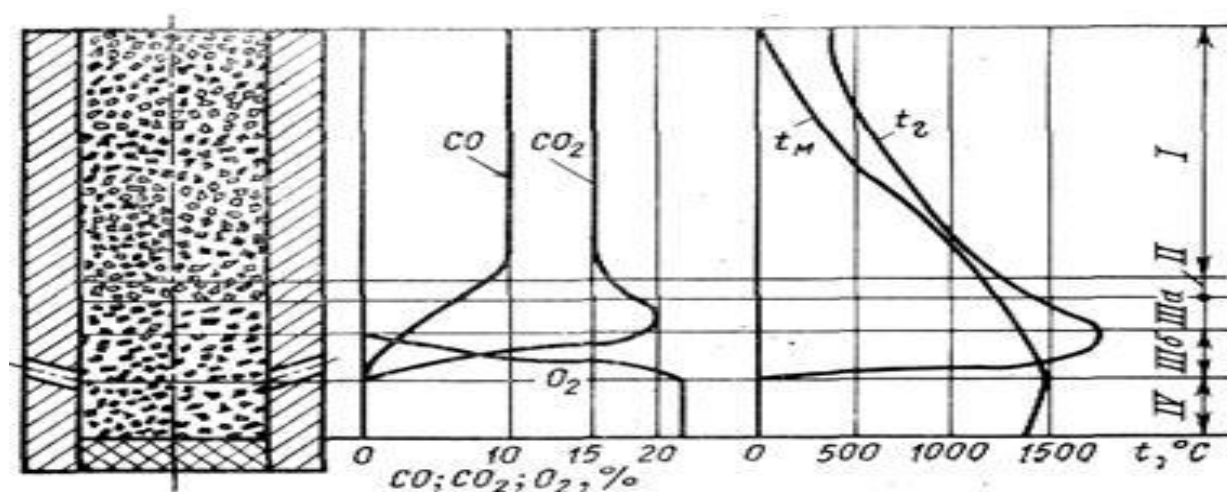
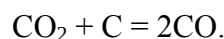


Рисунок 95 – Изменение температуры и состава газов по зонам вагранки ($t_{\text{г}}$ и $t_{\text{м}}$ – температуры газов и металла)

В районе фурм кислород подаваемого в вагранку воздуха реагирует с углеродом кокса

$$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$$

За кислородной зоной холостой колоши следует редуционная зона, в которой происходит восстановление (редукция) двуокиси углерода до окиси

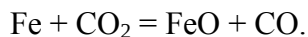


При расходе кокса 10–12% от металлозавалки и подаче воздуха 100–120 м³/(м²·мин) в результате протекания реакций горения и восстановления суммарный коэффициент

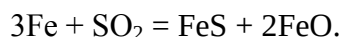
расхода воздуха $a \approx 0,8$, и ваграночные газы при выходе из холостой колоши содержат 15% CO_2 , 10% CO и 75% N_2 .

Вагранку подразделяют на четыре зоны.

I. Зона нагрева. Твердые шихтовые материалы реагируют с газовой фазой, атмосфера окислительная, происходит окисление железа по реакции



На поверхности металлических кусков шихты возможно окисление и других элементов чугуна, металл также насыщается серой из газа

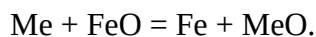


Известняк в этой зоне разлагается по реакции

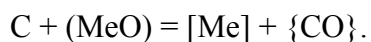


Топливо теряет влагу и летучие вещества.

II. Зона плавления. Металлические компоненты шихты расплавляются. Процессы окисления, насыщения серой и обезуглероживания протекают более интенсивно, чем в зоне I. Происходят вторичные реакции окисления элементов закисью железа FeO , которая, стекая вместе с расплавленным металлом, реагирует с Si , Mn и C по реакциям типа



III. Зона перегрева. Ее подразделяют на две подзоны IIIa – редуccionную зону и IIIб – кислородную зону холостой колоши. В подзоне IIIa протекает реакция восстановления CO_2 . Жидкий металл стекает по кускам кокса в виде капель и струек, перегревается, начинаются процессы науглероживания, растворения углерода и серы из кокса и восстановления элементов по реакциям



В этой зоне начинается шлакообразование.

В подзоне IIIб кокс горит по реакции. Происходит интенсивное окисление элементов по реакциям типа $\text{Me} + 1/2\text{O}_2 = \text{MeO}$, и в первую очередь – железа, закись которого окисляет Si , Mn , C по реакции типа. В этой зоне наблюдается энергичное науглероживание при

контакте капель металла с коксом, восстановление элементов по реакциям типа и заканчивается образование шлака.

IV. Зона накопления, т.е. горн. Металл и шлак в этой зоне немного охлаждаются. Металл скапливается в горне и, контактируя с коксом, растворяет углерод, а также серу кокса. Вагранки, в которых накопление металла производится в горне, дают чугун с повышенным содержанием углерода и серы.

В итоге всех физико-химических процессов угорает 15 – 25% Si, 25 – 30% Mn от первоначального их содержания в шихте. Количество углерода и серы в итоге увеличивается.

Угорает некоторое количество железа. Его окислы, окислы кремния и марганца, зола топлива и расплавленная футеровка образуют ваграночный шлак.

Плавление в вакуумных печах производится при давлении 13,3—0,13 н1м (0,1 до 10- мм рт. ст.). Иногда для тщательного контроля процесса плавки (регулирование кипения, уменьшение испарения из металла элементов с высокой упругостью пара и др.) поддерживают давление внутри печи в несколько миллиметров за счет выделяющихся газов или в печь специально впускают инертный газ (аргон). Тигли в вакуумных печах — обычно набивные, изготавливаются чаще всего из окиси магния или двуокиси циркония. Контроль процесса плавки. Качество отливок, их надежность, долговечность и другие заданные свойства в значительной мере определяются составом и качеством шихтовых материалов и процессом их плавки.

Те отрасли промышленности, к изделиям которых предъявляются повышенные требования, особое внимание при внедрении новых технологических процессов уделяют их надежности. Так, например, более широкое применение точных отливок в авиационной промышленности привело к необходимости проведения таких мероприятий как строгая приемка материалов, поступающих со стороны, повышение точности пресс-форм, создание более совершенных технологических процессов монтажа моделей, приготовления покрытий и изготовления форм, тщательный контроль шихты, плавки, заливки, очистки отливок и их термообработки, механические испытания образцов, вырезанных из отливки, систематическая проверка контрольно-измерительной аппаратуры и инструмента и др.

В ряде случаев объединению двух смежных автоматических установок в линию препятствуют либо необходимость визуального контроля качества продукции, либо большая длительность одного процесса. Первое относится к операциям осмотра (и

зачистки) стержней, восковых моделей, отливок, второе — к процессу плавки металла в печах периодического действия.

Прогрессивные процессы в литейном производстве осуществляются в результате модернизации существующих вагранок и установки электропечей во вновь строящихся цехах. При этом технология плавки в вагранках совершенствуется путем автоматизации операций набора, взвешивания и загрузки шихты, контроля и регулирования процесса плавки, подогрева дутья, применения природного газа и новых материалов для футеровки (угольные блоки) водоохлаждаемых вагранок. При плавке чугуна в электропечах обеспечивается высокое качество металла путем снижения в нем содержания серы и фосфора и идеального перемешивания, что делает его однородным по химическому составу и температуре. Это позволяет получать отливки хорошего качества любой конфигурации, снижать брак и угар металла до 1,5% вместо в вагранке).

Качество стали зависит от а) методов выплавки стали и способа ее разливки б) способа наружной чистки слитков в) механической обработки стали в горячем состоянии г) термической обработки д) контроля на разных стадиях производства стали, начиная с процесса плавки и кончая стадией получения полуфабрикатов и готовых изделий.

Основная сложность контроля хода плавки при кислородно-конвертерном процессе связана с высокой скоростью его протекания. Общепринятые в металлургии методы контроля при помощи химического анализа проб металла по ходу плавки неприемлемы для данного метода. По тем же причинам нельзя считать удовлетворительным способ контроля температуры металла термopарами погружения. В связи с этим многочисленные усилия исследователей и практиков направлены на изыскание методов непрерывного контроля температуры и состава металла по ходу продувки. Из перспективных существующих методов контроля температуры металла можно назвать следующие

В процессе плавки металла периодически и при каждой смене состава шихты отливают пробные бруски для определения химического состава или отливают пробу в виде клина для контроля состава чугуна по величине отбела.

Особенность производства сталей переходного класса состоит в том, что необходимо соблюдение суженных пределов химического состава металла по основным легирующим элементам. Только при этом условии возможно получение неустойчивого аустенита, обеспечивающего при дальнейшей термической обработке требуемый комплекс физико-механических свойств. С этой целью в процессе плавки, перед ее выпуском, выполняют контроль фазового состава магнитным методом на отливаемых пробах

В пламенных печах плавят обычно ковкий и специальный чугуны с пониженным содержанием углерода, требующий высокой температуры заливки. В процессе плавки производится периодический контроль химического состава чугуна.

Контроль шихтовых материалов. Правильное ведение процесса плавки

Контроль качества плавящихся флюсов производится применительно к шихте (контроль исходных материалов, их состава и подготовки) в процессе плавки (по цвету застывшей пробы массы и пр.) и готового продукта. Готовый флюс проверяется по химическому составу (он должен отвечать марочному составу) и по

В Германии автоматные стали изготавливают почти исключительно в томасовских конвертерах, с содержанием углерода менее 0,12% и преимущественно кипящими.

Повышенное содержание азота в томасовской стали (0,012—0,020%) и наличие резкой волокнистости способствует улучшению обрабатываемости. Развивается производство легкообрабатываемых высококачественных сталей с присадками серы, фосфора и азота, которые имеют состав, сходный с бессемеровскими автоматными сталями, но более однородны по свойствам вследствие более строгого контроля состава в процессе плавки

Свинцовистые автоматные стали выплавляются мартеновским (I бессемеровским) способами. Раскислители (алюминий и кремний) снижают обрабатываемость, но измельчают зерно и повышают вязкость автоматной стали.

Технологические пробы применяются для контроля металла в процессе плавки. Заливка форм производится только в случае надлежащего показателя проб

Контроль давления и количество подаваемого воздуха. Контроль давления позволяет обнаружить изменение сопротивления прохождению воздуха и газов в вагранке, предупреждает о неполадках, которые возникли в процессе плавки. Такие нарушения режима плавки, как снижение высоты столба шихты, зашлакование фурм, образование настывшей, зависание шихты и т. п., зависят в первую очередь от давления дутья. Воздух, подаваемый вентилятором в вагранку, должен находиться под давлением выше атмосферного, чтобы преодолеть сопротивление столба шихтовых материалов. Давление воздуха в трубопроводе измеряется манометрическими датчиками.

Клиноватая технологическая проба. Технологические пробы (рис. 165) изготавливают для контроля чугуна в процессе плавки. Технологические пробы в виде клина высотой 100 мм и шириной основания $A = 20 - 50$ мм для определения склонности чугуна к отбелу получают в сырых песчаных формах. Ширина основания A зависит от толщины отливки. Например, для отливок толщиной до 25 мм $L = 20$ мм.

В настоящее время разработана система контроля и управления процессом плавки -

конвертирования с применением микро-ЭВМ [238], Система включает контроль массы материалов и продуктов плавки, определение необходимых количеств исходных материалов и окислителя, регулирование расхода кислорода и положения фурмы, контроль и предупреждение аварийных ситуаций, представление необходимой информации в удобной для оператора форме, регистрацию данных по плавке.

Управление процессом ведется по постоянно замеряемым параметрам и частично по вводимым оператором разовым данным.

Подготовка шихтовых материалов. Независимо от способа плавки сплава технологический процесс начинается с шихтового двора. При этом необходимо, во-первых, произвести визуальный контроль всех поступивших материалов металлургического кокса, ферросплавов и флюсов. Необходимо особо обратить внимание на их хранение в бункерах, ячейках и закрытых тарах. Не допускается смешивание литейных чушковых чугунов и ферросплавов по маркам и по поставкам во-вторых, на поступившие материалы -литейные чугуны, ферросплавы и кокс - должны быть сертификаты по химическим составам и они должны поставляться определенных габаритов и фракций.

Общая схема литья. Процесс получения отливки складывается из следующих основных операций изготовления литейной формы плавки металла заливки металла в форму затвердевания металла и охлаждения отливки выбивки отливки из формы обрубки и очистки отливки термической обработки отливки контроля качества отливки и сдачи ее на механическую обработку. Каждая из перечисленных сложных и многопереходных по характеру операций должна осуществляться таким образом, чтобы был обеспечен высокий уровень качества отливки по всем показателям, включая точность размеров и чистоту поверхности, благоприятную структуру металла, а также отсутствие наружных и внутренних литейных и металлургических дефектов.

Совершенствование технологии шихтовки и плавки металла осуществляется путем внедрения автоматизированных систем шихтовки, плавки с автоматизированным контролем и программным управлением, дуплекс-процессов при плавке металла.

Применительно к атомным энергетическим установкам по мере накопления данных о средних и минимальных характеристиках механических свойств, повышения требований к уровню технологических процессов на всех стадиях получения металла и готовых изделий, развития методов и средств дефектоскопического контроля и контроля механических свойств по отдельным плавкам и листам было принято использовать при расчетах не величины $[σ]$, а коэффициенты запаса прочности и гарантированные

характеристики механических свойств для сталей, сплавов, рекомендованных к применению в ВВЭР. Для новых металлов, разрабатываемых применительно к атомным энергетическим реакторам, был разработан состав и объем аттестационных испытаний, проводимых в соответствии с действующими стандартами и методическими указаниями. Методы определения механических свойств конструкционных материалов при кратковременном статическом (для определения величин $\sigma_{0.2}$ и $\sigma_{0.1}$) и длительном статическом (для определения величин $\sigma_{0.1}$ и $\sigma_{0.2}$) нагружениях получили отражение в нормах расчета на прочность атомных реакторов

ИПХТ-М представляет собой комплексный агрегат, в общем случае включающий в себя электротехническое, вакуумное или газовое оборудование, различные механизмы с электромеханическим или гидравлическим приводом, средства управления и контроля процессом плавки. Поэтому персонал, обслуживающий электропечь, должен иметь достаточно высокую квалификацию.

Мартеновский процесс делится на три этапа плавление, кипение и раскисление. Во время плавления окисляются кремний, марганец и фосфор за счет кислорода FeO .

Образующиеся оксиды SiO_2 , MnO , P_2O_5 , соединяясь с известняком, образуют шлак.

Сера в виде FeS тоже соединяется с CaO и переходит в шлак. Для ускорения процесса расплавления и окисления примесей в печь подают через водоохлаждаемые фурмы кислород, благодаря чему резко сокращаются процесс плавки и расход топлива и руды.

Во время кипения окисляется углерод. При этом осуществляют химический контроль для определения количества углерода в стали. Когда достигнуто необходимое содержание углерода, серы и фосфора, сталь раскисляют ферросплавами или алюминием. Можно применять дополнительно внепечное раскисление, вводя раскислители прямо в ковш с жидкой сталью. Мартеновский процесс длится 8—14 ч в зависимости от вместимости печи. В настоящее время работают печи производительностью от 40 до 900 т в плавку. Имеются конструкции вагранок (Гнпростанок) с аппаратурой для автоматического контроля и регулирования процесса плавки, с высоким подогревом дутья, водяным охлаждением плавильного пояса, мокрой очисткой, дожиганием ваграночных газов и поворотным подогреваемым копытником барабанного типа.

Контроль процесса сплавления эмалей. При сплавлении эмалей следует контролировать температуру, продолжительность и режим плавки (периоды вращения печей и их остановки). Одновременно необходимо осуществлять теплотехнический контроль работы печи. Готовность расплава эмали определяется пробами на нить и на лепешку. Других объективных методов пока не предложено. Проба на нить производится следующим

образом. Железный стержень погружают в эмалевый ра-стлав и вытаскивают из печи. Приставшая к стержню эмаль стекает с него в виде нити, по характеру которой судят о готовности эмали. Для грунтовых эмалей нить должна быть блестящей, без узелков и частиц непрореагировавшей шихты и обладать эластичностью при изгибе. Нить для заглушенных эмалей (фтористых, сурьмяных) не должна иметь неоплавленных узелков. Перерасчёт количества металла при заливке, увеличение температуры металла, выпускаемого из печи, приближение мест заливки к печи, улучшение системы заливки и изменение химического состава металла, улучшение процесса плавки. Улучшение качества сборки. Иструменты-сборщики и контроль сборки.

Целесообразно оснащение вагранок системой автоматического управления процессом плавки и контроля. Наличие устройств для подогрева дутья, очистки газов, водяного охлаждения, набора и массоизмерения шихты, выдачи металла, уборки отходов очень затрудняет обслуживание ваграночной установки при необходимости визуального наблюдения за работой всех систем и узлов вагранки и местного управления отдельными приводами и снижает надежность ее работы. Поэтому снабжение системой КИП и центральным пультом управления превращается из желательного элемента культуры производства в неперемное условие безаварийной работы вагранки. В этом случае решаются три основные задачи: управление тепловым режимом ваграночного процесса, управление процессом дозирования шихтовых материалов, управление электроприводами, локальными системами регулирования и контроль за параметрами процесса, обеспечивающими нормальный безаварийный режим работы установки. В результате модифицирования повышаются не только механические свойства чугуна, но и однородность структуры и свойств по сечению отливки, что улучшает их обрабатываемость резанием даже при большей НВ. Однако модифицирование не может, конечно, заменить легирование для получения чугуна с особыми свойствами, хотя некоторые из этих свойств, например износостойкость, повышаются при модифицировании. Во всех случаях следует иметь в виду, что длительное модифицирование требует тщательного контроля исходных материалов, процесса плавки и заливки.

Процессы плавки и модифицирования должны строго контролироваться. Для контроля качества чугуна отливают клиновые образцы и трефы (ГОСТ 7293—70). Кроме того, определяют S_z по кривым затвердевания, содержание кремния — по термо-э. д. с., структуру и механические свойства чугуна — электромагнитными методами и ультразвуком, дефекты — просвечиванием гамма-лучами и т. д. При выдержке

модифицированного чугуна наблюдается демодификация вследствие уменьшения содержания Mg, особенно в ковшах и тиглях с кислой футеровкой. Темп уменьшения содержания Mg в расплаве резко снижается при выдержке в тигле с нейтральной или магнезитовой футеровкой. Оптимальной для выдержки и подогрева жидкого магниевого чугуна является дистенсиллиманитовая футеровка, которая по нейтральным свойствам не уступает графиту, а по стойкости — кварцитовой футеровке.

Полугие валков с заданной глубиной отбеленного рабочего слоя обеспечивают путем контроля и регулирования отбелчиваемости чугуна в процессе плавки с помощью указанных выше технологических проб. Пробы заливают в сухие песчано-глинистые формы с металлической плиткой. Пробы типа I применяют при отливке валков из чугуна с содержанием C менее 3,4%, а типа II — с содержанием C более 3,4%. Технологические пробы заливают при температуре близкой к той, при которой заполняют им формы валков. Охлаждают залитые пробы по строго определенному режиму

Инструментальные стали относятся к высококачественным или качественным сталям. Они тщательно раскисляются в процессе плавки и разливки, имеют пониженное содержание вредных примесей — серы, фосфора и неметаллических включений и подвергаются строгому илавочному контролю.

Контроль химического состава сплава. Химический состав сплава контролируют лабораторным анализом. При выплавке сплава в цехе из исходных материалов непосредственно перед заливкой форм следует проверять 100% п. авок на основные элементы сплава, и вредные примеси, при наличии сертификатов на исходные материалы (например, на сталь, ферросплавы), точном соблюдении технологического процесса плавки, а также периодической проверке навесок Шихтовых материалов на некоторых заводах контроль всех плавов заменен контролем химического состава каждой десятой плавки по одному или нескольким элементам сплава, содержание которых сильно колеблется. В случае такого контроля по результатам химического анализа каждой десятой плавки ОТК решает вопрос выпуска в производство всех десяти плавов. Если результаты анализа десятой плавки неудовлетворительны, проводится контроль каждой плавки.

В настоящее время комплекс работает устойчиво. Длительная его эксплуатация показала высокую работоспособность, простоту обслуживания. Контроль процесса автогенной плавки ведется по составу газовой фазы с помощью системы ФТИАН-3, применяется промышленное телевидение. В ближайшие годы запланировано освоение второго комплекса автогенной плавки.

Приборы неразрушающего контроля, основанные на термоэлектрическом методе, находят применение при сортировке деталей по маркам сталей, для экспресс-анализа стали и чугуна непосредственно в ходе плавки и в слитках, определения толщин гальванических покрытий, измерения глубины закаленного слоя, исследования процессов усталости металла.

Межцеховой контроль заготовки и детали проходят при выходе из каждого цеха. В отличие от входного меж. цеховой контроль проводится не по плавкам, а по технологическим партиям или садкам. При большом сортаменте алюминиевых сплавов в производстве это создает значительные трудности в использовании приборов ИЭ-1. Однако за счет того, что каждая заготовка проходит межцеховой контроль 2—3 раза, надежность контроля остается достаточно высокой. Ведь каждый последующий контроль не является копией предыдущего, а проводится на новой ступени технологического процесса обработки деталей. Материалы, проходящие нагрев, штамповку, ковку и термическую обработку, контролируются после каждой из этих операций. На каждой ступени обработки

Тема : Плавка в электродуговых печах

Электродуговая печь может быть остановлена или пущена в эксплуатацию в любое время, удобное для производства, и при любом режиме работы.

Капитальные затраты на установку электродуговых печей в среднем на 40% меньше, чем на установку мартеновских печей аналогичной производительности.

Плавка в дуговой печи начинается с заправки печи. Жидкоподвижные нагретые шлаки сильно разъедают футеровку, которая может быть повреждена и при загрузке. Если подина печи во время не будет закрыта слоем жидкого металла и шлака, то она может быть повреждена дугами. Поэтому перед началом плавки производят ремонт – заправку подины. Перед заправкой с поверхности подины удаляют остатки шлака и металла. На поврежденные места подины и откосов – места перехода подины в стены печи – забрасывают сухой магнезитовый порошок, а в случае больших повреждений – порошок с добавкой пека или смолы.

Заправку производят заправочной машиной, выбрасывающей через насадку при помощи сжатого воздуха заправочные материалы, или, разбрасывающей материалы по окружности с быстро вращающегося диска, который опускается в открытую печь сверху.

Для наиболее полного использования рабочего пространства печи в центральную ее часть ближе к электродам загружают крупные куски (40 %), ближе к откосам средний лом (45%), на подину и на верх загрузки мелкий лом (15%). Мелкие куски должны заполнять промежутки между крупными кусками.

Выплавка сталей включает следующие операции: расплавление металла, удаление содержащихся в нем вредных примесей и газов, раскисление металла, и выливание его из печи в ковш для разливки по изложницам или формам. Значение этих операций и требования, которые они предъявляют к дуговой печи, могут быть весьма различными.

Расплавление скрапа необходимо вести по возможности скорее и с минимальным расходом энергии. Зачастую длительность его превосходит половину продолжительности всей плавки и при этом расходуется 60-80% всей электроэнергии. Характерной особенностью периода является беспокойный электрический режим печи. Горящая между концом электрода и холодным металлом дуга нестабильна, ее длина невелика и сравнительно небольшие изменения в положении электрода или металла (обвал, сдвиг подплавленного куска скрапа) вызывают либо обрыв дуги, либо, наоборот, короткое замыкание. Ход плавления шихты в дуговой печи.

Дуга загорается сначала между концом электрода и поверхностью шихты, причем для повышения ее устойчивости в первые минуты под электроды обычно подкладывают куски кокса или электродного боя. После сгорания последних начинает подплавляться металл и каплями стекать на подину. В шихте образуются колодцы, в которые углубляются опускающиеся электроды до тех пор, пока они не достигнут подины, на которой во избежание перегрева ее к этому моменту должна быть образована лужа расплавленного металла. Это самый беспокойный, неустойчивый период горения дуги; подплавляемые куски шихты падают на электрод, закорачивая дугу опусканием куска шихты под торцом электрода может, наоборот, наступить обрыв тока. Горящая между электродом и расплавленным металлом дуга перегревает металл: начинается размыв и расплавление шихты, окружающей колодцы. Колодцы расширяются, уровень жидкого металла в ванне начинает повышаться, а электроды-подниматься. В конце этого периода почти весь металл оказывается расплавленным; остаются лишь отдельные куски шихты на откосах, расплавляющиеся последними. Чтобы не затягивать период расплавления, обычно эти «настыли» сбрасывают ломом в глубь ванны. Период расплавления считают законченным, когда весь металл в печи перешел в жидкое состояние. К этому моменту режим горения дуги становится более спокойным, так как температура в печи выше, поверхность металла покрыта слоем шлака, образованным заброшенными в печь в период расплавления кусками извести и всплывающими окислами; длина дуги по сравнению с началом расплавления увеличивается в несколько раз дуга горит устойчивее, количество толчков тока и обрывов уменьшается.

Окислительный период.

После окончания периода расплавления начинается окислительный период, задачи которого заключаются в следующем: окисление избыточного углерода, окисление и удаление фосфора; дегазация металла; удаление неметаллических включений, нагрев стали. Окислительный период плавки начинают присадкой железной руды, которую дают в печь порциями. В результате присадки руды происходит насыщение шлака FeO и окисление металла по реакции: $(\text{FeO}) = \text{Fe} + [\text{O}]$. Растворенный кислород взаимодействует с растворенным в ванне углеродом по реакции $[\text{C}] + [\text{O}] = \text{CO}$. Происходит бурное выделение пузырей CO , которые вспенивают поверхность ванны, покрытой шлаком. Поскольку в окислительный период на металле наводят известковый шлак с хорошей жидкоподвижностью, то шлак вспенивается выделяющимися пузырями газа. Уровень шлака становится выше порога рабочего окна и шлак вытекает из печи. Выход шлака усиливают, наклоняя печь в сторону рабочего окна на небольшой угол. Шлак стекает в шлаковик,

стоящий под рабочей площадкой цеха. За время окислительного периода окисляют 0,3—0,6 % С со средней скоростью 0,3—0,5 % С/ч. Для обновления состава шлака одновременно с рудой в печь добавляют известь и небольшие количества плавикового шпата для обеспечения жидкоподвижности шлака. Непрерывное окисление ванны и скачивание окислительного известкового шлака являются непременными условиями удаления из стали фосфора.

Для протекания реакции окисления фосфора

$2[P] + 5[O] = (P_2O_5)$; $(P_2O_5) + 4(CaO) = (CaO)_4 \cdot P_2O_5$ необходимы высокое содержание кислорода в металле и шлаке, повышенное содержание СаО в шлаке и пониженная температура.

В электропечи первые два условия полностью выполняются. Выполнение последнего условия обеспечивают наводкой свежего шлака и постоянным обновлением шлака, так как шлак, насыщенный $(CaO)_4 \cdot P_2O_5$ скачивается из печи. По ходу окислительного периода происходит дегазация стали—удаление из нее водорода и азота, которые выделяются в пузыри СО, проходящие через металл.

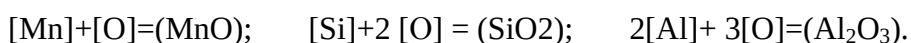
Выделение пузырьков СО сопровождается также и удалением из металла неметаллических включений, которые выносятся на поверхность потоками металла или поднимаются вверх вместе с пузырьками газа. Хорошее кипение ванны обеспечивает перемешивание металла, выравнивание температуры и состава.

Общая продолжительность окислительного периода составляет от 1 до 1,5 ч. Для интенсификации окислительного периода плавки, а также для получения стали с низким содержанием углерода металл продувают кислородом. При продувке кислородом окислительные процессы резко ускоряются, а температура металла повышается со скоростью примерно 8—10 С/мин. Чтобы металл не перегрелся, вводят охлаждающие добавки в виде стальных отходов. Применение кислорода является единственным способом получения низкоуглеродистой нержавеющей стали без значительных потерь ценного легирующего хрома при переплаве.

Окислительный период заканчивается, когда содержание углерода становится ниже заданного предела, содержание фосфора 0,010%, температура металла несколько выше температуры выпуска стали из печи. В конце окислительного периода шлак стараются полностью убирать из печи, скачивая его с поверхности металла.

Восстановительный период плавки.

После скачивания окислительного шлака начинается восстановительный период плавки. Задачами восстановительного периода плавки являются: раскисление металла, удаление серы, корректирование химического состава стали, регулирование температуры ванны, подготовка жидкоподвижного хорошо раскисленного шлака для обработки металла во время выпуска из печи в ковш. Раскисление ванны, т. е. удаление растворенного в ней кислорода, осуществляют присадкой раскислителей в металл и на шлак. В начале восстановительного периода металл покрывается слоем шлака. Для этого в печь присаживают шлакообразующие смеси на основе извести с добавками плавикового шпата, шамотного боя, кварцита. В качестве раскислителей обычно используют ферромарганец, ферросилиций, алюминий. При введении раскислителей происходят следующие реакции:



В результате процессов раскисления большая часть растворенного кислорода связывается в оксиды и удаляется из ванны в виде нерастворимых в металле неметаллических включений. Процесс этот протекает достаточно быстро и продолжительность восстановительного периода в основном определяется временем, необходимым для образования подвижного шлака. В малых и средних печах при выплавке ответственных марок сталей продолжают применять метод диффузионного раскисления стали через шлак, когда раскислители в виде молотого электродного боя, порошка ферросилиция присаживают на шлак. Содержание кислорода в шлаке понижается и в соответствии с законом распределения кислород из металла переходит в шлак. Метод этот, хотя и не оставляет в металле оксидных неметаллических включений, требует значительно большей затраты времени. В восстановительный период плавки, а также при выпуске стали под слоем шлака, когда происходит хорошее перемешивание металла со шлаком, активно происходит десульфурация металла по уравнению $\text{FeS} + \text{CaO} = \text{FeO} + \text{CaS}$. Этому способствует хорошее раскисление стали и шлака, высокое содержание извести в шлаке и высокая температура.

В ходе восстановительного периода вводят легирующие – ферротитан, феррохром и др., а некоторые, например никель, присаживают вместе с шихтой. Никель не окисляется и не теряется при плавке. Добавки тугоплавких ферровольфрама, феррониобия производят в начале рафинирования, так как нужно значительное время для их расплавления.

В настоящее время большинство операций восстановительного периода переносят из печи в ковш. Присаживают по ходу выпуска раскислители. Целью восстановительного периода является обеспечение нагрева стали до заданной температуры и создание шлака,

десульфуризирующая способность которого используется при совместном выпуске из печи вместе со сталью.

Порядок легирования.

При выплавке легированных сталей в электродуговых печах порядок легирования зависит от сродства легирующих элементов к кислороду. Элементы обладающие меньшим сродством к кислороду, чем железо (никель, молибден) во время плавки не окисляются и их вводят в начальные периоды плавки- никель в завалку, а молибден в конце плавления или в начале окислительного периода.

Хром и марганец обладают большим сродством к кислороду чем железо. Поэтому металл легируют хромом и марганцем после слива окислительного шлака в начале восстановительного периода.

Вольфрам обладает большим сродством к кислороду, чем железо и его обычно вводят в начале восстановительного периода. Он очень тугоплавкий и поэтому ферровольфрам можно присаживать в ванну не позднее, чем за 30 мин. до выпуска.

Одношлаковый процесс.

В связи с интенсификацией процесса электроплавки в последние годы получил большое распространение метод плавки в дуговой печи под одним шлаком. Сущность этого метода заключается в следующем: дефосфорация металла совмещается с периодом расплавления. Во время расплавления из печи скачивают шлак и производят добавки извести. В окислительный период выжигают углерод. По достижении в металле $P << 0,035 \%$ производят раскисление стали без скачивания шлака ферросилицием и ферромарганцем. Затем присаживают феррохром и проводят сокращенный (50—70 мин) восстановительный период с раскислением шлака порошками ферросилиция и кокса и раскислением металла кусковыми раскислителями. Окончательное раскисление производят в ковше ферросилицием и алюминием. В некоторых случаях вообще не проводят раскисления шлака в печи порошкообразными раскислителями.

Применение синтетического шлака.

Этот метод предусматривает перенесение рафинирования металла из электропечи в разливочный ковш. Для рафинирования металла выплавляют синтетический шлак на основе извести (52—55%) и глинозема (40%) в специальной электродуговой печи с угольной футеровкой. Порцию, жидкого, горячего, активного шлака (4—5 % от массы стали, выплавленной в электропечи) наливают в основной сталеразливочный ковш. Ковш подают к печи и в него выпускают сталь. Струя стали, падая с большой высоты, ударяется о

поверхность жидкого шлака, разбивается на мелкие капли и вспенивает шлак. Происходит перемешивание стали со шлаком. Это способствует активному протеканию обменных процессов между металлом и синтетическим шлаком. В первую очередь протекают процессы удаления серы благодаря низкому содержанию FeO в шлаке и кислорода в металле; повышенной концентрации извести в шлаке, высокой температуре и перемешиванию стали со шлаком. Концентрация серы может быть снижена до 0,001 %. При этом происходит значительное удаление оксидных неметаллических включений из стали благодаря ассимиляции, поглощению этих включений синтетическим шлаком и перераспределению кислорода между металлом и шлаком.

Обработка металла аргоном.

После выпуска стали из печи через объем металла в ковше продувают аргон, который подают либо через пористые пробки, зафутерованные в днище, либо через швы кладки подины ковша. Продувка стали в ковше аргоном позволяет выровнять температуру и химический состав стали, понизить содержание водорода, удалить неметаллические включения, что в конечном итоге позволяет повысить механические и эксплуатационные свойства стали.

Применение порошкообразных материалов.

Продувка стали в дуговой электропечи порошкообразными материалами в токе газаносителя (аргона или кислорода) позволяет ускорить важнейшие процессы рафинирования стали: обезуглероживание, дефосфорацию, десульфурацию, раскисление металла.

В струе аргона или кислорода в ванну вдуваются порошки на основе извести, плавленого шпата. Для раскисления металла используют порошкообразный ферросилиций. Для окисления ванны и для ускорения удаления углерода и фосфора добавляют оксиды железа. Мелко распыленные твердые материалы, попадая в ванну металла, имеют большую поверхность контакта с металлом, во много раз превышающую площадь контакта ванны со шлаковым слоем. При этом происходит интенсивное перемешивание металла с твердыми частицами. Все это способствует ускорению реакций рафинирования стали. Кроме того, порошкообразные флюсы могут использоваться для более быстрого наведения шлака.

Тема: Плавка в индукционных тигельных печах

Преимущества тигельных индукционных печей по сравнению с электрическими печами сопротивления следующие: высокая производительность, достигаемая благодаря большим значениям удельной мощности; интенсивная циркуляция расплава в тигле, обеспечивающая выравнивание температуры по объему ванны и получение однородных по химическому составу сплавов; возможность быстрого перехода с выплавки сплава одной марки на другую; широкое (до 100 %) использование в шихте низкосортных материалов - стружки и от* ходов; возможность проведения плавки при любом давлении (вакуумные печи) и в любой атмосфере (окислительной, восстановительной, нейтральной); простота и удобство обслуживания печи, управления и регулирования процесса плавки; широкие возможности для механизации и автоматизации загрузки шихты и разлива металла, хорошие санитарно-гигиенические условия. К недостаткам тигельных печей следует отнести невысокую стойкость футеровки тигля и относительно низкую температуру металла на поверхности жидкой ванны, которая не позволяет эффективно использовать флюсы для металлургической обработки сплавов. Однако преимущества тигельных печей настолько значительны, что они находят все большее распространение. Различают печи открытые (плавка на воздухе) и вакуумные (плавка в вакууме). Для плавки алюминиевых, магниевых и медных сплавов применяют открытые индукционные тигельные печи промышленной частоты емкостью от 0,4 - 1,0 до 25 - 60 т и производительностью 0,5—6,0 т жидкого металла в час. Независимо от марки выплавляемого сплава и емкости индукционные тигельные печи имеют одинаковые конструктивные узлы и отличаются, в основном, производительностью и мощностью электрооборудования. Тигли печей для плавки алюминиевых и медных сплавов изготавливают набивкой и спеканием огнеупорных масс, а печи для плавки магниевых сплавов оборудованы стальным тиглем сварной или литой конструкции. Отечественная промышленность серийно выпускает индукционные тигельные печи промышленной частоты различных марок, емкости и мощности. Индукционные тигельные печи применяют как для фасонного, так и для заготовительного литья и для литья заготовок под давлением. В табл.1 б приведены их технические характеристики. Питание печей осуществляется однофазным высоковольтным трансформатором. В комплект печи входит автоматический регулятор электрического режима, поддерживающий максимальную мощность печи в течение всего периода плавки. Печи снабжены сигнализаторами состояния футеровки тигля, внешними магнитопроводами для уменьшения рассеивания

электромагнитных волн. В печах типа ИАТ и ИЛТ магнитопроводы устанавливают снаружи индуктора и дополнительно стягивают его в направлении к центру индуктора. Внутри индуктора производят набивку тигля. Между индуктором и тиглем имеется прослойка из асбеста и миканита. Индуктор с тиглем и магнитопроводом заключен в кожух из мягкой стали. Кожух скреплен с металлическим каркасом, к которому крепят рабочую площадку печи. Два гидравлических цилиндра со штоками, установленными по бокам печи, обеспечивают поворот ее вокруг оси для слива металла. Печь для плавки магниевых сплавов снабжена крышкой специальной конструкции, которая позволяет вести плавку в нейтральной или защитной атмосфере. Нагрев и плавка шихты магниевых сплавов в индукционных печах с металлическим тиглем происходят как за счет мощности, выделяемой в стенках тигля, так и за счет тепловой энергии, выделяемой непосредственно в шихте. Применение индукционных тигельных печей промышленной частоты для плавки магниевых сплавов позволяет в два раза уменьшить угар, в 2-4 раза сократить расход флюса по сравнению с плавкой в отражательных печах. Для плавки сплавов на никелевой и медной основах, а также сталей и ряда других сплавов применяют индукционные печи повышенной частоты. Емкость печей - от десятков килограммов до 1-3 т жидкого металла. Источником питания служат тиристорные преобразователи тока модели ТП4-100-2,5. Для плавки жаропрочных сплавов на никелевой основе, а также для плавки легированных сталей и целого ряда других металлов и сплавов применяют индукционные вакуумные плавильные печи. По характеру работы вакуумные индукционные печи делятся на два типа: периодического и полунепрерывного действия. В печах периодического действия загрузка тигля шихтой, установка форм под заливку производится при открытой камере, а плавка металла и его заливка в форму - в вакууме. Печи полунепрерывного действия рассчитаны на осуществление рабочего цикла без нарушения вакуума в плавильной камере. По инструкции они значительно сложнее печей периодического действия. Печь состоит из плавильной камеры, камеры загрузки шихты и камеры для установки форм или изложниц. Камеры снабжены вакуумными технологическими затворами, позволяющими осуществлять шлюзование. Печь оборудована устройствами ввода присадок, взятия проб металла, чистки тигля, измерения температуры без нарушения вакуума в плавильной камере. Число плавов, проводимых без: напуска воздуха в плавильную камеру, определяется только стойкостью тигля. Для подогрева форм перед заливкой или шихты перед загрузкой ее в тигель соответствующие камеры оснащены нагревательными устройствами. К футеровке индукционных тигельных печей предъявляются очень высокие требования. Плавильный тигель должен обладать высокой термостойкостью, не разрушаться от механического

воздействия загружаемой шихты, не вступать в химическое взаимодействие с жидким металлом, шлаками и флюсами. С целью повышения к.п.д. печи и увеличения производительности стенки плавильного тигля должны при этом иметь небольшую толщину. Футеровка индукционных тигельных печей для плавки алюминиевых и цинковых сплавов набивная из жаростойких бетонов. Бетоны содержат вяжущие вещества и приобретают прочность в результате воздушного (бетоны на жидком стекле с кремнефтористым натрием) или химического (бетоны на фосфатной связке) твердения. Состав бетона (%) на жидком стекле приведен ниже: Высокую прочность жаростойкий бетон приобретает после обжига при температурах несколько выше 800 °С. Тигли в печах типа ИЛТ изготавливают набивкой сухой кварцитовой массы по неразъемному шаблону. Набивную массу приготавливают из кварцитов, которые предварительно очищают от песка и глины, а затем высушивают и плавят. Содержание SiO_2 в кварцитах должно составлять 98-99 %. Кварциты измельчают и отсеивают на различные фракции по крупности зерен. Основная фракция - зерна размером 2-3 мм - составляет 65 %; остальное - зерна размером от 0,5 до 2 мм. Для обеспечения спекания зерен в смесь вводят 1-2 % борной кислоты. При плавке меди в вакуумных печах тигли изготавливают набивкой массы, состоящей из зерен белого электрокорунда определенного зернового состава и 1 % буры. При изготовлении верхнего слоя тигля в футеровку добавляют 4 % жидкого стекла. Медь высокой чистоты получают плавкой в вакуумных печах. Тигли в этом случае изготавливают из малозольного графита марки ГМЗ-МТ. Применение графитовых тиглей при плавке меди по сравнению с набивными тиглями из огнеупорных оксидов, предпочтительнее: во-первых, медь раскисляется за счет материала тигля и поэтому во многих случаях не требуется дополнительного раскисления и, во-вторых, возрастает активная мощность печи. Тигли для плавки цинковых сплавов изготавливают набивкой из жаростойкого бетона на жидком стекле. Состав (%) набивной смеси для тиглей, применяемых для вакуумной плавки сплавов на никелевой основе, приведен ниже: Смесь расплавляют в дуговых печах. После охлаждения ее размалывают и отсеивают на две фракции с размерами кусков 1-5 мм и менее 1 мм. Затем смешивают в пропорции 50:50 и вводят 0,7-1,2% борной кислоты и 3-4% воды. Тигель набивают по шаблону до уровня зеркала металла. Выше этого уровня стенки тигля набивают массой с добавкой жидкого стекла. После сушки осуществляется прокалка тигля до 1400 °С. При плавке стали в индукционных печах с основным тиглем можно использовать любой скрап, так как процесс выгорания марганца, кремния и углерода протекает достаточно быстро, а при необходимости в основной печи можно удалять также фосфор и серу. Но так как индукционные печи вследствие более низкой температуры шлака

и меньшей удельной поверхности раздела металл—шлак приспособлены для этих процессов хуже, чем дуговые печи, то в индукционных печах целесообразнее плавку осуществлять переплавом или сплавлением чистых шихтовых материалов. Шихту для индукционных печей следует составлять, учитывая рациональный подбор размеров кусков шихты и плотную их укладку в печи. В мелких кусках шихты генерируется недостаточно высокая удельная мощность, и это приводит к увеличению длительности плавления и расхода электроэнергии. Чем ниже частота тока, тем больше глубина его проникновения и тем меньше удельная мощность. Поэтому размеры кусков шихты следует увеличивать с уменьшением частоты тока. Шихта не должна быть сильно окислена, так как при этом между отдельными кусками получается плохой электрический контакт, вихревые токи замыкаются в каждом отдельном куске шихты, а это увеличивает продолжительность плавления и расход электроэнергии. Плавка проходит тем быстрее и электроэнергии расходуется тем меньше, чем плотнее уложена шихта. Наиболее рационально шихту укладывать следующим образом. На дно тигля для смягчения ударов крупных кусков уложить мелкую шихту и с целью предохранения металла от окисления завалить немного шлака, ферромарганца и ферросилиция. На дно следует присаживать также тугоплавкие ферросплавы, температура плавления которых выше достигаемых в тигле температур. При таком расположении они начнут растворяться сразу после появления первых порций жидкого металла. Наиболее крупные куски уложить у стенок тигля на $2/3$ высоты индуктора так, чтобы магнитные силовые линии пересекали максимальную площадь сечения куска. Остальную часть шихты загружать до $2/3$ высоты по оси тигля с максимальной плотностью укладки, а выше — менее плотно. Не рекомендуется заполнять тигель выше уровня индуктора, так как куски, лежащие выше индуктора, не пересекаются магнитными силовыми линиями и нагреваются в основном вследствие теплопроводности от нижележащих кусков, но затрудняют осаживание шихты в процессе плавления. На малых печах шихту загружают вручную. Печи большой емкости можно загружать бадьей, что позволяет сократить время загрузки до 1—2 мин. После окончания загрузки индукционную печь необходимо закрыть крышкой и включить ток. В начале периода плавления сначала, после включения печи, между кусками шихты в местах их плохого контакта происходят замыкания. В цепи индуктора эти замыкания вызывают толчки тока, поэтому плавление начинают на пониженной мощности источника. По мере прекращения толчков источник тока переключают на полную мощность. Плавление шихты начинается в первую очередь на половине высоты индуктора у стенок тигля, затем постепенно распространяется вниз и вверх. Сообразно с этим шихта должна иметь возможность опускаться и погружаться в

жидкий металл. Однако в верхней части тигля куски шихты могут заклиниваться и свариваться, образуя «мосты». Зависание шихты крайне нежелательно, так как оно может привести к сильному неконтролируемому перегреву жидкого металла и разрушению футеровки. Даже временное зависание шихты увеличивает продолжительность плавления и расход электроэнергии. Для устранения зависания шихты в процессе плавления необходимо периодически осаживать при помощи ломика с резиновой изоляцией ручки. По мере оседания шихты постепенно погружают оставшуюся часть ее, следя за тем, чтобы холодные куски не попадали в жидкий металл, так как это может вызвать вскипание металла и сваливание холодной шихты в верхней части тигля с образованием трудноустраняемых мостов. Нельзя допускать также оголения металла, поскольку это ведет к окислению и насыщению его газами. Во избежание этого при необходимости в тигель по ходу плавления присаживают шлаковую смесь, состоящую из извести, плавикового шпата и шамота. Во время плавления необходимо следить за показаниями приборов и поддерживать максимальную мощность источника тока. По мере прогрева и оплавления шихты реактивная мощность установки изменяется, что требует периодической подстройки контура в резонанс. Подстройку осуществляют включением или отключением конденсаторов. Окисление марганца, кремния и фосфора, при плавке стали в индукционной печи, происходит уже в период плавления. При высоком содержании фосфора в шихте шлак периода плавления во избежание восстановления фосфора при повышении температуры необходимо удалить. Новый шлак наводят из извести, плавикового шпата шамота. Чтобы повысить активность сравнительно холодных шлаков при индукционной плавке, содержание плавикового шпата в шлаковой смеси увеличивают до 20%. Такие шлаки интенсивно разрушают футеровку печи, поэтому в индукционной печи стараются не применять процессы, требующие активного участия шлака. Чтобы улучшить взаимодействие между шлаком и металлом, шлак от потерь тепла изолируют (закрывают тигель крышкой) или даже подогревают дугой, элементами сопротивления и другими способами. При необходимости дополнительного окисления примесей (фосфора и углерода) в тигель малыми порциями присаживают железную руду и шлаковую смесь. Интенсивное кипение металла в тигле может привести к выплескиванию металла, поэтому очередную порцию руды присаживают лишь после успокоения ванны. Расход железной руды составляет 3-5% от массы стали. Окисление примесей возможно также и путем продувки металла газообразным кислородом, имея, однако, в виду, что интенсивность продувки стали в связи с опасностью его выплескивания из тигля должна быть невелика. В среднем окисление примесей редко продолжается более 15 мин. В индукционных печах возможно

осуществлять и диффузионное, и глубинное раскисление. Технология раскисления металла в индукционной печи мало отличается от технологии раскисления в дуговых электропечах. Однако интенсивное электродинамическое движение металла значительно ускоряет процессы раскисления, распределения присадок и рафинирования металла от продуктов раскисления. Поэтому в индукционных печах раскисление и рафинирование металла требуют меньшего времени. В то же время преимущества диффузионного раскисления в связи с низкой температурой шлака выражены в индукционных печах еще слабее, чем в дуговых. При необходимости в индукционных печах можно проводить и десульфурацию металла. Для этого необходимо несколько раз скачивать и наводить высокоосновной восстановительный шлак, применять подогрев шлака, увеличивать расход плавикового шпата. Это вызывает увеличение продолжительности плавки, снижает стойкость футеровки печи, усложняет работу. Поэтому в большинстве случаев стремятся так подбирать шихту и так вести процесс, чтобы необходимость специального проведения десульфурации была исключена.

Тема: Плавка в индукционных канальных печах

Производственная программа включает:

Индукционные канальные печи промышленной частоты для плавки и передержки сплавов на основе алюминия, меди, цинка.

- плавильные
- раздаточные
- для переработки вторичного сырья

Загрузка от 170 до 1600 кг

Применяются в качестве плавильных при переплавке латунного и бронзового лома, а также плавильно – раздаточных, совместно с машинами литья под давлением, на участках кокильного литья, литья по выплавляемым моделям и литья в землю.

Газовые наклонные роторные печи

Наклонные роторные печи — это высокопроизводительные плавильные агрегаты, которые дают высокий выход годного металла и идеально подходят для переработки Al сплавов (шлаков, фольги, стружки) и разносортного лома.

Печь позволяет вести плавку Al лома с применением экзотермического флюса (типичное соотношение флюса и окиси составляет 0,5:1), переработку горячего шлака.

Основные преимущества нашего оборудования:

- Высокая надежность.
- Простота обслуживания.
- Низкие энергозатраты.
- Быстрая окупаемость.

ИНДУКЦИОННЫЕ КАНАЛЬНЫЕ ПЕЧИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Основные преимущества индукционных канальных печей:

1. Интенсивное перемешивание металла без разрыва оксидной плёнки;

- одинаковый хим. состав по всему объему металла.
- одинаковая температура по всему объему металла.
- возможность подшихтовки легирующими элементами.

2. Высокая точность поддержания температуры расплава ($\pm 100^{\circ}\text{C}$) за счёт использования встроенного блока контроля температуры расплава.

- уменьшение литейного брака (выдержка температурных режимов).
- уменьшение угара из-за отсутствия перегрева металла.
- увеличение срока службы футеровки.

3. Высокий КПД печей (95%-97%).

4. Низкие энергозатраты на расплавленный металл.

- минимальные потери тепла за счёт использования новейших теплоизоляционных материалов.

5. Низкий расход охлаждающей воды по сравнению тигельной индукционной печью.

- возможность применения воздушного охлаждения вместо водяного.

6. Высокая надёжность печи благодаря использованию новейших футеровок, высокая наработка на отказ ванны печи не менее трех лет.

- Печи надёжно работают в течение 2-х...4 лет без замены футеровки (и это на вторичном сырье- металлоломе!).

7. Максимально снижены выбросы вредных веществ в атмосферу.

8. Минимальные эксплуатационные затраты. Для ввода печей в эксплуатацию, не требуется фундамент и крепление к полу, не требуется высокая квалификация обслуживающего персонала. Плавно раздаточные индукционные печи промышленной частоты для сплавов алюминия применяются в литейном производстве совместно с машинами литья под давлением, при литье в кокиль и землю.

Условные обозначения:

- И - индукционная
- А - алюминиевая
- К - канальная
- п - плавильная
- р - раздаточная .

Основы технологии рафинирования

1. Загрузить универсальный флюс на поверхность болота печи 0.5-2% от массы обрабатываемого расплава (количество флюса зависит от загрязнённости расплава).
2. Залить дозу жидкого металла в печь.
3. Включить донное продувочное устройство.
4. Продуть расплав в течении 4-7 мин.
5. Выдержать расплав 10-15 мин. без продувки.
6. Шлак с поверхности расплава убирается непосредственно перед разливкой.
7. Отрафинированный расплав желательно разлить в течении 25-30 мин после рафинирующего отстоя.

Особенности эксплуатации устройства.

- Для обеспечения длительной работоспособности устройства не рекомендуется подвергать его пневмоудару.
- При сушке и спекании футеровки печи водяное устройство не включать во избежания образования локальных зон конденсации влаги.
- Индукционные печи, печи в которых происходит нагрев тел в электромагнитном поле за счёт действия электрического тока , протекающего по нагреваемому телу и нагревая его под действием электромагнитной индукции.
- Мы рассмотрим два вида индукционных печей – тигельную индукционную печь и канальную индукционную печь.
- Индукционные канальные печи используются для плавки цветных металлов, плавка стали в таких печах невозможна из-за недостаточной стойкости отделки печи (футеровки). Футеровку используют для увеличения огнестойкости материалов из которых изготовлена печь, а так же для защиты печи от ударных воздействий.

- Основные достоинства индукционной канальной печи следующие:
- 1). Минимальное окисление и испарение металлов, это происходит благодаря нагреву породы снизу. Доступ воздуха к наиболее нагретым частям расплава (находящегося в каналах) отсутствует, а поверхность металла в ванне имеет сравнительно низкую температуру.
- 2). Малый расход энергии на расплавление, перегрев и выдержку металла. Канальная печь имеет высокий электрический КПД благодаря замкнутому магнитопроводу. В тоже время высокий и тепловой КПД печи, благодаря тому, что основная часть расплава находится в ванне, которая имеет толстую теплоизолирующую облицовку, что препятствует отводу тепла из расплава.
- Недостатки печи:
- 1). Тяжёлые условия для облицовки печи, стойкость футеровки снижается при повышении температуры расплава, а так же при плавке сплавов содержащих химически-активные компоненты. Так же нельзя плавить в таких печах низкосортную породу, плавка такой породы может привести к зарастанию каналов.
- 2). Следует постоянно держать в печи большое количество расплавленного металла. Если металл слить, то произойдёт охлаждение футеровки, после чего она растрескается и нужно будет менять облицовку в печи заново, что занимает большое количество времени и финансов. По этой же причине нельзя резко сменить марку металла выплавляемого в печи, смена марки происходит через несколько переходных циклов плавки проведённых через печ, с постепенным достижением нужной марки металла.
- 3). Шлак в печи находится на поверхности, он имеет низкую температуру, из-за чего нельзя плавить стружку и мелкую породу, она не пройдёт слой шлака и повязнет в нём.
- Принцип работы индукционной канальной печи такой же как и принцип работы силового трансформатора, который работает в режиме короткого замыкания. Но электрические параметры канальной электропечи и трансформатора сильно отличны друг от друга из-за различия их конструкций. Печь состоит из облицованной камнем ванны в которой находится практически вся масса расплава и индукционного нагревательного оборудования, которое находится под

ванной. Ванна соединена с плавильным каналом так же заполненным расплавом. Расплав в канале и ванне образует замкнутое кольцо, которое проводит электрический ток. Принцип действия канальной печи требует постоянно замкнутой цепи, поэтому можно сливать только часть расплава и снова догружать соответствующее количество новой породы. Все канальные печи работают с остаточной ёмкостью 20-50% от полной ёмкости печи. Замораживать металл в канале нельзя он должен быть постоянно в жидком состоянии.

Индукционная единица объединяет печной трансформатор и подовый камень (облицовку) с каналом. Индуктор является первичной обмоткой трансформатора, а вторичный виток – это расплавленный металл заполняющий канал, который находится в нижней части ванны. Ток во вторичной цепи вызывает нагрев расплава при этом почти вся энергия выделяется в канале, который имеет малое сечение в следствии чего поглощается 90-95% подведённой к печи электроэнергии. Металл в печи перемещается из-за электродинамических усилий, возникающих в канале и в малой степени конвекцией, связанной с перегревом металла в канале по отношению к температуре ванны.

- По моему мнению целесообразно применять канальные индукционные печи на крупных производствах низкосортных металлов, так как они очень экономичны и дешёвы в изготовлении, но нужно следить за постоянными поставками сырья для выплавки, так как остановка этих печей приведёт к огромным денежным затратам, вследствие растрескивания облицовки печей.
- Индукционные тигельные печи широко применяются в промышленности для плавки чёрных металлов и цветных металлов как на воздухе, так и в вакууме и в защитных атмосферах. В настоящее время такие печи используются ёмкостью от десятков грамм до десятков тонн. Такие печи применяют для плавки высококачественных сталей и других специальных сплавов, требующих чистоты и однородности. Тигельные печи повышенной и промышленной частоты широко применяют в России и за рубежом. Их используют для плавки обычных тяжёлых и лёгких цветных металлов и их сплавов в производствах с периодическим режимом работы и широким ассортиментом выплавляемых сплавов, требующих модифицирования, а так же для плавки сильно загрязнённой породы с большим содержанием стружки и инородных сплавов. Поэтому тигельные индукционные печи хотя и отличаются низким КПД, а так же представляют собой

более дорогое и сложное электротехническое устройство по сравнению с индукционными канальными печами, в указанных случаях они более приемлемы и удобны в эксплуатации.

- Перечислю достоинства и недостатки индукционных тигельных печей.
- К достоинствам отнесу:
 - 1). Выделение энергии в загрузке породы без промежуточных нагревательных элементов.
 - 2). Интенсивная электродинамическая циркуляция расплава в камере плавления обеспечивает плавление быстрой шихты и отходов, быстрое выравнивание температуры по объёму камеры плавления. Можно получить многокомпонентные сплавы.
 - 3). Возможность создания в печи любой атмосферы и любого давления.
 - 4). Высокая производительность достигаемая благодаря высокими значениям удельной мощности особенно на средних частотах.
 - 5). Возможность полного слива металла из тигля и малая масса облицовки печи. Печи такого типа удобны для периодической работы между плавками и обеспечивают возможность для быстрого перехода с одной марки сплава на другую.
 - 6). Простота и удобство обслуживания печи, управления и регулировки процесса плавки, возможность автоматизации процесса. А так же малое загрязнение атмосферы.
- Стоит так же отметить и недостатки тигельных печей:
 - 1). Низкая стойкость облицовки (футеровки) при высоких рабочих температурах и колебаниях температур в расплаве. Это происходит из-за малой толщины футеровки.
 - 2). Высокая стоимость электрооборудования, особенно при частотах 50 Герц.

- 3). Низкий КПД всей установки вследствие необходимости иметь источник получения высокой или повышенной частоты, а так же конденсаторов, а так же при плавки материалов с малым удельным сопротивлением.
- Принцип работы индукционной тигельной печи. В основе лежит трансформаторный принцип передачи энергии от первичной цепи ко вторичной. Подводимая к первичной цепи электрическая энергия переменного тока превращается в электромагнитную энергию, которая во вторичной цепи переходит снова в электрическую, а затем в тепловую. Индукционные тигельные печи также называют индукционными печами без сердечника. Печь представляет собой плавильный тигель, как правило, цилиндрической формы, выполненный из огнеупорного материала и помещенный в полость индуктора, подключенного к источнику переменного тока. Металлическая шихта (материал, подлежащий плавлению) загружается в тигель и, поглощая электрическую энергию, плавится. В тигельной печи первичной обмоткой служит индуктор, обтекаемый переменным током, а вторичной обмоткой и одновременно нагрузкой – сам расплавляемый металл, загруженный в тигель и помещенный внутрь индуктора. Магнитный поток в тигельной печи проходит в той или иной степени по самой шихте. Магнитный поток в тигельной печи проходит в той или иной степени по самой шихте. Поэтому для работы печи без сердечника имеют большое значение магнитные свойства, а также размеры и форма кусков шихты. Когда в качестве облицовки применяют ферромагнитные металлы, то до того момента, пока их температура еще не достигла точки Кюри, то есть $\sim 740 \div 770 \text{ C}$, их магнитная проницаемость сохраняет свою величину. В этом случае шихта будет играть роль не только вторичной обмотки и нагрузки, но и незамкнутого сердечника. Иначе говоря, при плавке в тигельной печи ферромагнитных металлов разогрев шихты в первый период (до точки Кюри) произойдет не только за счет тепла, выделяемого от циркуляции в ней вихревых токов, но и за счет потерь на ее перемагничивание, которое в этот период наблюдается в шихте. После точки Кюри ферромагнитные тела теряют свои магнитные свойства и работа индукционной печи становится аналогичной работе трансформатора без сердечника. Мощность, а следовательно, и тепло, выделяемое вихревыми токами, которые наводятся и циркулируют в садке, зависят от частоты переменного магнитного поля. При промышленной частоте 50 Герц концентрация энергии, выделяемой вихревыми токами, незначительна и не превышает несколько ватт на квадратный сантиметр поверхности. Поэтому для

эффективной работы печи без сердечника приходится питать их токами повышенной, а в отдельных случаях и высокой частоты, что достигается установкой специальных генераторов частоты.

- По моему мнению в цивилизованных странах должны применять именно индукционные тигельные печи так как они удобны в использовании и не выдают вредные примеси в атмосферу, это благоприятно сказывается на работе персонала. К тому же их в любой момент можно остановить или сменить тип сплава. Такие печи следую прежде всего применять на разнонаправленных предприятиях, которые производят металлы в зависимости от поставок и рода заказов.

Тема: Заливка форм

Процесс заполнения литейной формы расплавом, одна из ответственных завершающих операций литейного производства. Формы заливают с установленной для каждой отливки скоростью, в определённом температурном интервале, нарушение которых приводит к появлению в отливках дефектов. З. ф. производят, как правило, из разливочных Ковшей. В зависимости от объёма и номенклатуры отливок и характера производства формы заливают ручными или крановыми ковшами. Расплав заливают из ковша в открытую форму сверху свободной струей через литниковую систему Литниковая система. В серийном и массовом производстве осуществляют конвейерную З. ф. на стационарных или передвижных заливочных машинах. З. ф. методами центробежного литья и литья под давлением, имеет некоторые особенности. На машинах для центробежного литья заливка производится с большой скоростью под действием центробежных сил. При получении отливок методом литья под давлением расплав выдавливается пневматическими или гидравлическими выталкивателями. Бесковшовую З. ф. производят также при вакуумном литье).

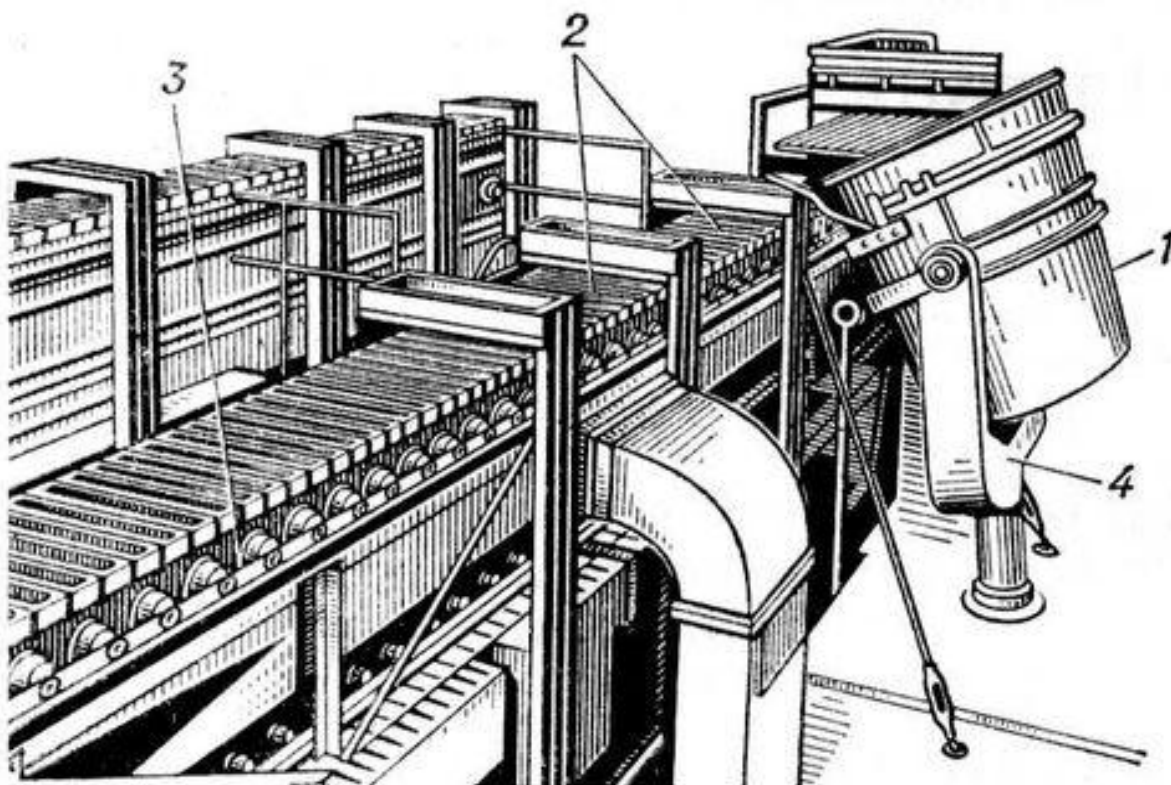


Рисунок 96. Стационарная машина для конвейерной заливки форм: 1 — ковш; 2 — формы; 3 — рольганг для перемещения форм; 4 — поворотное устройство ковша.

Тема: Охлаждение отливок и выбивка их из формы. Очистка отливок

После затвердевания отливку выдерживают в форме для охлаждения до температуры выбивки. Чем выше температура выбивки, тем короче технологический цикл изготовления отливки. Однако высокая температура выбивки нежелательна из-за опасности разрушения отливки, образования дефектов или ухудшения ее качества. Вблизи температуры кристаллизации сплавы имеют низкую прочность и пластичность. На воздухе отливки остывают быстрее, чем в форме, при этом неравномерность охлаждения массивных и тонких сечений усиливается, внутренние напряжения возрастают. Длительная выдержка в форме с целью охлаждения до низких температур нецелесообразна с экономической точки зрения, так как удлиняет технологический цикл изготовления отливки. Поэтому выбивку стремятся производить при максимально высокой допустимой температуре. Она зависит от природы сплава и конструкции отливки. Стальные отливки рекомендуют охлаждать в форме до 500...700 °С, чугунные до 400...500 °С. Сложные отливки, склонные к образованию трещин, охлаждают в форме до 200...300 °С, а отливки, не склонные к образованию трещин, — до 800...900 °С. Температура выбивки отливок из бронз составляет 300...500 °С, из алюминиевых сплавов — 200...300 °С, из магниевых сплавов — 100...150 °С. Продолжительность выдержки в форме определяется толщиной стенки отливки, свойствами залитого сплава и литейной формы, температурой выбивки. Время выдержки в песчаной форме составляет от нескольких минут (для небольших тонкостенных отливок) до нескольких суток и недель (для крупных толстостенных отливок). Для сокращения продолжительности охлаждения используют методы принудительного охлаждения:

а) обдувают воздухом,

б) при формовке укладывают змеевики, по которым пропускают воздух или воду.

Выбивка отливки — процесс удаления затвердевшей и охлажденной до определенной температуры отливки из литейной формы, при этом литейная форма разрушается. Выбивку отливок из литейных форм осуществляют на специальном оборудовании — механических выбивных решетках. Решетки по принципу действия классифицируют на эксцентриковые, инерционные, инерционно-ударные. Форма выталкивается из опоки выталкивателем на виброжелоб, по которому направляется на выбивную решетку. Решетка 1 с литейной формой 4 с помощью привода 3 и опорной пружины 2 совершает колебательное движение. В каждом цикле колебаний решетки форма подбрасывается вверх и затем, падая, ударяется о решетку или опорную раму 5. В момент соударения под действием сил инерции форма

разрушается. Отливка освобождается от формовочной смеси. Выбитая формовочная смесь проваливается через решетку и системой конвейеров передается к месту ее переработки для повторного использования. Ответственные отливки извлекают из формы перед ее выбивкой. Выбивка форм сопровождается выделением большого количества теплоты и пыли, поэтому участки выбивки форм оснащают мощной приточно-вытяжной вентиляцией. При выбивке форм мелких и средних отливок применяют вентиляционные зонты и боковые отсосы, расположенные под установкой или по ее периметру. Выбивные решетки большой грузоподъемности имеют пыле- и звуконепроницаемые накатные кожухи. Выбивка стержней. Остатки стержней после выбивки из форм удаляют из отливок пневматическими зубилами, на вибрационных машинах, в гидравлических камерах и электрогидравлических установках. Стационарные пневматические вибрационные машины используют для выбивки стержней из отливок небольших размеров и массы. Стержень разрушается и выбивается из отливки под действием вибрации. В гидравлических камерах и электрогидравлических установках выбивают стержни из крупных стальных и чугунных отливок. В гидрокамерах на отливку направляют струю воды диаметром 5...20 мм под давлением 5...10 МПа. Одновременно с удалением стержня происходит очистка поверхности отливки. В электрогидравлических установках стержни разрушаются ударной волной, возникающей при высоковольтном электрическом разряде между двумя электродами в воде. После выбивки отливок на их поверхностях остается слой приставшей или пригоревшей смеси (пригар), заливки и другие неровности. Очистку отливок производят механически с использованием дробеметных машин, галтовочных барабанов, гидropескоструйных камер и реже установок электрохимической очистки. Дробеметная очистка в специальных барабанах и камерах основана на том, что вращающийся со скоростью до 2470 об/мин ротор турбины захватывает лопатками дробь и со скоростью ~80 м/с бросает ее на поверхность отливки. Для очистки используют чугунную и стальную дробь диаметром от 0,8 до 3 мм. Очистка в галтовочных барабанах периодического и непрерывного действия отливок массой не более 100 кг производится за счет взаимного трения их о специальные остроугольные звездочки из белого чугуна. При очистке отделяются элементы литниковой системы, если они не были удалены ранее, зачищаются заливки и другие неровности поверхностей. В современном производстве применяют также специальные способы очистки: электрохимическую, электромеханическую, вибрационную, газопламенную, пескогидравлическую и электрогидравлическую. Электрохимическая очистка наружных и внутренних поверхностей стальных отливок основана на катодном восстановлении окислов железа из пригара и окалина в электролите при 450—500°С и постоянном токе напряжением 5—15 В. Анодом

служит металлическая ванна, а катодом является очищаемая отливка или несколько отливок, которые после нагрева до 250°C на штанге или в проволочной корзине погружают в электролит. В качестве электролита применяют чистый NaOH или смесь, состоящую из 80% NaOH и 20% KOH. При погружении в электролит слой пригара и окарины разрыхляется за 25—60 мин едким натром. Затем отливку переносят в емкость с холодной водой, где с нее смывают рыхлый слой остатков пригара и окарины. После этого с отливки горячей водой смывают остатки щелочи. Особенностью такой очистки является то, что она полностью заменяет ручной труд, наружные и внутренние поверхности отливки очищаются качественно, а из образующегося при очистке шлама утилизируется жидкое стекло.

Электромеханическая очистка производится быстровращающимися дисками при пропускании между ними и отливкой переменного тока 200—300 А напряжением 14 В. Под действием тока неровности на поверхности отливки быстро разогреваются и оплавляются, капли расплава уносятся вращающимися со скоростью 2880 об/мин дисками. При более высоком напряжении тока оплавление неровностей происходит еще до соприкосновения отливки с дисками в результате возникновения между ними электрической дуги. а (20—25 мм) загружают в вибрационный контейнеру в котором отливки в течение 20—30 мин подвергаются вибрации с амплитудой 2—3 мм и частотой 1500 колебаний в минуту. Газопламенную очистку стальных отливок производят кислородно-ацетиленовым пламенем с помощью горелок или резаков для поверхностной резки. Для этих целей используют резаки с многофакельными мунштуками, работающие при избыточном давлении кислорода— 5—6 кгс/см² и ацетилена — 0,2—0,5 кгс/см². Газопламенная очистка основана на разности коэффициентов Расширения пригара и стали. При нагреве слой пригара на отливке разрушается. Пескогидравлическая очистка заключается в том, что на отливку под давлением 25—200 кгс/см² Направляется струя водо-песчаной смеси. Очищающее Действие струи воды усиливается абразивным действием находящихся в ней зерен песка. Электрогидравлическая очистка основывается на том, что между электродами в воде периодически создаются высоковольтные электрические разряды. В месте разряда возбуждаются взрывные волны, которые вследствие кавитации воды быстро разрушают пригар и другие неровности на находящихся в ванне отливках.

Тема: Обрубка и зачистка отливок. Термическая обработка чугунных отливок

Обрубка отливок – процесс удаления с отливки прибылей, литников, выпоров и заливов по месту сопряжения полуформ и в области стержневых знаков. Обрубку производят пневматическими зубилами, ленточными и дисковыми пилами, при помощи газовой или анодно-механической резки и на прессах. В некоторых случаях прибыли отрезают на токарных станках. Литники от чугунных отливок легко отбиваются при слабом ударе. От мелких отливок они отделяются при выбивке форм. Оставшиеся литники отбивают молотками или обламывают на прессах. Литники от мелких стальных отливок отбивают молотками. От крупных отливок из углеродистых и низколегированных сталей прибыли и литники отделяют дуговой и газовой резкой, а из высоколегированных сталей — механической или анодно-механической резкой. Ленточные и дисковые пилы широко применяют для отделения литников и прибылей от отливок из алюминиевых, медных и магниевых сплавов. После обрубки отливки зачищают, удаляя мелкие заливки, остатки выпоров и литников, а также другие неровности и выступы на поверхности отливок. Выполняют зачистку маятниковыми и стационарными шлифовальными кругами, пневматическими зубилами. Отливки массой до 10 кг зачищают на стационарных шлифовальных станках. Для зачистки отливок большей массы применяют подвесные, маятниковые или переносные станки. Отливки из вязких сплавов (сталей, ковкого чугуна, бронзы, алюминиевых сплавов) зачищают корундовыми шлифовальными кругами, а отливки из хрупких сплавов (серого чугуна) – карборундовыми. Отливки из легкоплавких сплавов зачищают электроконтактным способом. Отливку и вращающийся стальной диск подключают к источнику тока. При контакте диска с выступом на поверхности отливки цепь замыкается, заусенцы и заливки оплавляются и в виде мелких частичек отбрасываются диском от зачищаемой поверхности. Стальные отливки зачищают также газокислородными горелками, которые применяют для обрезки литников и прибылей. Очистка отливок – процесс удаления пригара, остатков формовочной и стержневой смесей с наружных и внутренних поверхностей отливок. Осуществляется в галтовочных барабанах периодического или непрерывного действия (для мелких отливок), в гидropескоструйных и дробеметных камерах, а также химической или электрохимической обработкой. Галтовочные барабаны периодического действия применяют в мелкосерийном производстве, барабаны непрерывного действия – в массовом производстве. Очистка отливок в барабанах происходит в результате их взаимного трения. Для усиления эффекта трения в барабан вместе с отливками загружают звездочки из отбеленного чугуна. Галтовочные барабаны непрерывного действия (рис. 12) имеют два кожуха.

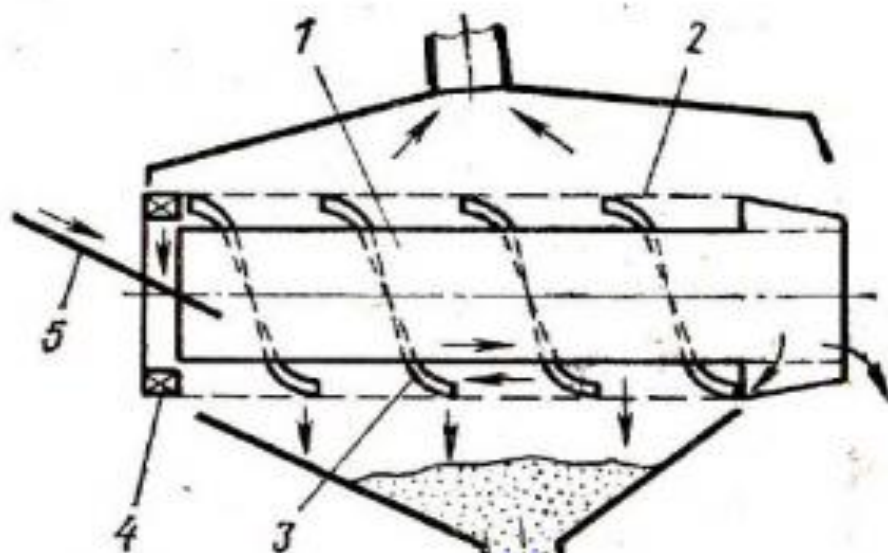


Рисунок 97. Галтовочный барабан непрерывного действия для очистки отливок

Отливки по лотку 5 и звездочки с помощью лопаток 4 непрерывно поступают во внутренний кожух 1. Перемещаясь к другому концу барабана, отливки очищаются. Звездочки, не доходя до конца барабана, проваливаются во внешний кожух 2 и спиральными направляющими 3 вновь подаются к загрузочному окну. Отработанная смесь проваливается через отверстия во внешнем кожухе и удаляется из барабана. При использовании дробеструйных аппаратов на поверхности отливок под давлением воздуха или воды подается чугунная дробь, обладающая большой кинетической энергией. Дробеструйную очистку проводят в барабанах, на поворотных столах или в специальных камерах, в зависимости от номенклатуры отливок и их сложности. Дробеструйной очистке нельзя подвергать отливки из мягких сплавов, так как ухудшается качество их поверхности. Для очистки отливок из алюминиевых сплавов вместо чугунной дроби используют кусочки алюминиевой проволоки. Чугунные и стальные отливки подвергают дробеметной очистке. На очищаемую поверхность дробь подается метательными головками 1 в виде турбинок, вращающихся с частотой до 3000 мин^{-1} . Дробь, выбрасываемая большой центробежной силой, ударяется о поверхность отливок 2 и очищает ее (рис.). Дробеметная очистка более производительна, чем дробеструйная. Она осуществляется в дробеметных очистных барабанах и камерах. В дробеметных барабанах очищают мелкие и средние отливки массой до 40 кг. Равномерная очистка всех поверхностей отливок достигается в процессе их перекачивания внутри вращающегося барабана 3 (рис., а) или на движущемся пластинчатом конвейере 3 (рис.13, б) внутри неподвижного барабана.

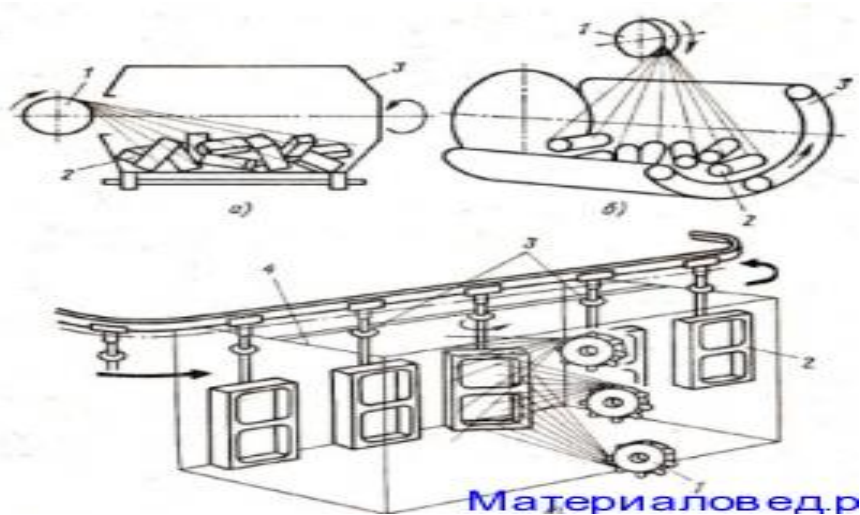


Рисунок 97. Схемы дробеметной очистки отливок: а – во вращающемся барабане; б – на движущемся пластинчатом конвейере; в – в дробеметной камере

В дробеметных камерах очищают отливки массой более 50 кг. Отливки устанавливают на вращающиеся очистные столы или подвешивают на вращающиеся подвески 3 (рис. 13, в). Очистка происходит внутри камеры 4. В массовом производстве применяют проходные дробеметные камеры непрерывного действия, а при небольшом объеме производства отливок – тупиковые дробеметные камеры периодического действия. Остатки смеси и пригар на внутренних поверхностях чугунных и стальных отливок, труднодоступных для дробеметной очистки, удаляют электрохимической обработкой. Отливки погружают в расплав NaOH или KOH с температурой $450 \dots 500^{\circ}\text{C}$ и подключают к источнику постоянного тока. Дважды изменяют полярность, после этого промывают в холодной и горячей воде. Термическая обработка отливок. Отливки в литом состоянии имеют крупнозернистую структуру, высокую твердость, низкие прочностные и пластические свойства. В них сохраняются значительные внутренние напряжения. Для улучшения структуры и свойств отливки подвергают термической обработке. Операции и режимы термической обработки назначают с учетом природы сплава, требований к качеству отливок согласно техническим условиям. Термическую обработку чугунных отливок проводят для снятия внутренних напряжений, стабилизации размеров, снижения твердости и улучшения обрабатываемости, повышения механических свойств или износостойкости. При низкотемпературном отжиге ($500 \dots 630^{\circ}\text{C}$) снимаются внутренние напряжения и стабилизируются размеры отливки. При низкотемпературном графитизирующем отжиге ($680 \dots 750^{\circ}\text{C}$) происходит графитизация и частичная сфероидизация эвтектоидного цементита, что приводит к улучшению обрабатываемости. Высокотемпературный

графитизирующий отжиг ($850 \dots 980^{\circ}\text{C}$) применяют для графитизации первичных карбидов в чугунах. При нормализации и закалке улучшаются механические свойства отливок. Закаленные отливки требуют дополнительной термической обработки для снятия внутренних напряжений.

Производство отливок из чугуна

Серые чугуны обладают хорошими литейными свойствами: высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой (до 1 %), незначительным влиянием газосодержания на механические свойства, достаточно высоким сопротивлением образованию горячих трещин, малой склонностью к образованию усадочных раковин и пористости. Литейные свойства чугуна существенно зависят от его химического состава. С увеличением содержания углерода жидкотекучесть доэвтектических чугунов повышается, а заэвтектических уменьшается. При увеличении содержания кремния и фосфора жидкотекучесть чугуна повышается, влияние марганца и серы на жидкотекучесть металла незначительно. Линейная усадка чугунов зависит от химического состава и скорости охлаждения: перлитно-ферритные чугуны со структурой (П+Ф+Гр) имеют усадку 0,7 – 0,9, перлитные – 1,1 – 1,15, белые – 1,65 – 1,75%. Трещиностойкость чугунов возрастает с повышением содержания углерода и кремния; увеличение содержания серы снижает трещиностойкость чугунов; увеличение содержания марганца до 0,9% повышает трещиностойкость, а при дальнейшем увеличении его содержания вероятность появления трещин возрастает. Опасность появления трещин резко возрастает при наличии в чугуне более 0,2% фосфора. Чугунные отливки, полученные в кокилях, меньше поражены газовыми раковинами, чем отливки, полученные в песчаных формах, так как вследствие высокой скорости охлаждения металла в кокилях газы не успевают выделяться из расплава. Однако неправильная конструкция вентиляционной и литниковой систем, нарушения при окраске кокилей и подготовке расплава повышают вероятность образования газовых дефектов в отливке. Чугун в большей степени, чем другие сплавы, способен изменять структуру в зависимости от скорости охлаждения и затвердевания отливки. Поэтому, управляя скоростью охлаждения чугуна, можно получать отливки с любой структурой. Большое влияние на структуру чугуна оказывает также его химический состав. В свою очередь, от структуры чугуна зависят механические свойства, износостойкость, герметичность, обрабатываемость отливки. Повышение скорости охлаждения отливки при литье в кокиль приводит к уменьшению количества и размеров графитных включений, к увеличению содержания перлита и уменьшению его зерна, что повышает механические и другие служебные свойства отливок. Основным документом, в соответствии с которым производят контроль, является чертеж отливки, а также государственные стандарты, стандарты предприятий и другие документы,

регламентирующие изготовление отливок. Отливка должна иметь конфигурацию и размеры, соответствующие чертежу. Она не должна иметь внешних и внутренних дефектов. На чертеже указаны размеры, масса отливки, марка сплава. При контроле отливок проверяют состояние поверхности и внешний вид, размеры, механические свойства, в том числе твердость металла, химический состав, структуру металла, наличие внутренних дефектов. В зависимости от требований, предъявляемых к отливке, контролируют все перечисленные параметры или некоторые из них. Контроль отливки по этому параметру осуществляет контролер литейного цеха, проверку других параметров ведут в лабораториях цеха или завода. Проверку механических свойств проводят на образцах, вырезаемых из отливки, или на образцах, изготавливаемых из специально отлитых из того же металла проб. На крупных отливках для этой цели выполняют приливы, после литья отливки прилив отделяют от нее, изготавливают из него образец и подвергают его механическим испытаниям. Химический состав сплава определяют в процессе планки и у готовых отливок. Структуру металла контролируют по образцам, вырезанным из отливки или ее приливов. Наличие внутренних дефектов проверяют на целых отливках или отдельных ее частях. При контроле состояния поверхности и внешнего вида каждую отливку оценивают на соответствие ее чертежу по конфигурации; проверяют наличие внешних литейных дефектов: недоливов, спаев, перекосов, трещин, раковин, пригара; проверяют правильность обрубки литников, прибылей, качество зачистки заливов, заусенцев, очистки от формовочной смеси, особенно в углах и «карманах» отливки. При контроле внешнего вида отливки рассортировывают на группы. В первую группу относят отливки без каких-либо видимых дефектов. Это годные отливки по внешнему осмотру. Ко второй группе относят отливки с небольшими дефектами, которые легко можно исправить, например отливки, у которых плохо зачищено место обрубки литниковой системы, не полностью выбиты стержни. Это годные отливки, но требующие доработки. Третья группа — отливки с небольшими дефектами, например перекосами. Годность таких отливок определяет технолог литейного цеха, иногда совместно с технологом механического цеха. Четвертая группа — отливки, требующие исправления брака, заварки трещин, наварки плоскости для оформления требуемого размера и т. д. К пятой группе относят неисправимый брак.

Контроль размеров отливок. Основными причинами несоответствия размеров отливок, получаемых в песчано-глинистых формах, являются: отклонения размеров модельного комплекта, износ моделей и стержневых ящиков, неточность сборки формы, повреждение формы при извлечении модели или установке стержня, отклонение температуры отливки

от заданной при термической обработке, механические повреждения, возникшие при выбивке, обрубке, очистке и перемещении. Для предупреждения несоответствия размеров отливок по вине модельной оснастки последнюю тщательно проверяют. Обязательна проверка первой партии отливок, полученных по новой оснастке.

Механические испытания отливок. Их проводят для определения прочности, пластичности сплавов. Мерой прочности служит также твердость металла. Прочность — свойство сплава сопротивляться разрушению под воздействием внешних сил.

Пластичность — способность сплава не разрушаться при значительных остаточных деформациях. Мерой пластичности служит относительное удлинение сплава перед разрушением его при испытании на прочность растяжением. Прочностные и пластические характеристики сплавов контролируют на испытательных машинах.

Свойства сплавов воспринимать ударные нагрузки определяют разрушением образцов на специальном маятниковом копре. Твердость — свойство сплава сопротивляться внедрению в него другого тела. Твердость сплава в литом состоянии определяют на прессе Бринелля вдавливанием в отливку стального закаленного шарика. Мерой твердости сплава является величина нагрузки отнесенная к площади отпечатка от шарика.

Контроль химического состава отливок. В химической лаборатории проводят контроль соответствия состава металла отливки паспортным значениям. Контроль содержания углерода в стали проводят, как правило, ускоренным методом. Анализ сплава в процессе плавки позволяет своевременно повлиять на состав сплава, откорректировать химический состав сплава перед разливкой. В последнее время на заводах нашей страны стали использовать автоматические установки для контроля химического состава разнообразных сплавов. Для анализа сплава по всем основным компонентам требуются считанные минуты. Содержание малых добавок (десятые и сотые доли процента) в сплаве определяют на установках спектрального анализа. Металлографический анализ отливок. Его проводят для установления структуры металла, для контроля распределения в металле различных кристаллических фаз, проверки наличия неметаллических включений, пор и т. д. Для анализа готовят образцы со шлифованной или полированной поверхностью. Макроанализ проводят изучением поверхности шлифа невооруженным глазом или при небольшом увеличении. Микроанализ проводят при большом увеличении, используя оптические, а также в отдельных случаях и электронные микроскопы. Система менеджмента качества формирует единые требования и принципы в области качества для всех подразделений и предприятий. Основным документом в этой

области является Политика в области качества, в которой закреплены следующие принципы:

- Ориентация на потребителя;
- Лидерство руководителей;
- Развитие персонала;
- Системный и процессный подходы;
- Постоянное улучшение;
- Принятие решений, основанных на фактах;
- Взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Тема : Причины возникновения и меры предупреждения дефектов и способы исправления дефектов отливок

Отливки подвергают контролю для определения их соответствия требованиям стандартов и технических условий. Проверяют химический состав сплава, структуру, размеры и геометрию отливок, механические свойства, устанавливают отсутствие поверхностных и внутренних дефектов.

Дефекты можно разделить на две группы: неисправимые и исправимые. Неисправимые дефекты, обычно крупные по размерам, исправить невозможно или невыгодно. В этом случае отливку считают негодной для использования и переводят в разряд окончательного брака. Исправимые дефекты, обычно мелкие, экономически целесообразно подвергать исправлению.

Основные виды дефектов отливок.

Газовые раковины – открытые или закрытые пустоты с чистой и гладкой поверхностью закругленной формы, созданные воздухом или газами, выделяющимися из расплавленного металла при его затвердевании или из материалов формы. Образуются из-за повышенной влажности формы, плохой ее вентиляции, низкой температуры и насыщенности газами металла, недостаточной раскисленности расплава.

Шлаковые (или песчаные) раковины – открытые (иногда закрытые) полости в теле отливки, частично или полностью заполненные шлаком (или формовочной смесью). Образуются в результате разрушения отдельных частей формы из-за низкой прочности, слабого уплотнения формы, смыва формовочной смеси расплавом при неправильном его подводе.

Усадочные раковины – открытые или закрытые полости в теле отливки с неровной «рваной» внутренней поверхностью и грубокристаллическим строением. Образуются в утолщенных местах отливки из-за неправильной ее конструкции или в результате слишком высокой температуры заливки, из-за неправильной установки прибылей .

Усадочная пористость – скопление мелких пустот (пор) неправильной формы, которые образовались в отливке в результате объемной усадки при отсутствии доступа жидкого металла. Она характерна для сплавов с широким интервалом кристаллизации.

Трещины – сквозные и несквозные разрывы тела отливки.

Холодные трещины имеют небольшую ширину и значительную длину. Они образуются при низких температурах и имеют светлую неокисленную поверхность. Причиной образования холодных трещин является усадка сплава, приводящая к значительным внутренним напряжениям. Горячие трещины имеют значительную ширину и небольшую протяженность. Они образуются при высоких температурах и имеют темную окисленную поверхность. Причинами образования трещин являются недостаточная податливость стержней и отдельных частей формы, ранняя выбивка отливки из формы, повышенная усадка.

Заливы – тонкие, различные по величине и форме и не предусмотренные чертежом выступы на отливке. Они чаще всего образуются на месте разъема формы и вдоль стержневых знаков.

Причины образования заливов – недостаточная нагрузка форм при заливке, наличие зазоров между знаками стержней и контурами полости формы и т.д.

Недоливы – получение в форме отливок с неполным контуром. Образуются при низкой температуре заливки и чрезмерной длительности заливки, при недостаточных размерах питателей литниковой системы, при скоплении газов, препятствующих заполнению формы.

Спаи – сквозные или поверхностные щели с закругленными краями в теле отливок. Получаются в результате перерыва струи, низкой температуры или неправильной конструкции литниковой системы.

Перекося – несоответствие конфигурации отливки чертежу из-за смещения одной части отливки относительно другой. Перекося является следствием неправильного центрирования опок при чрезмерном износе штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели и в стержневом ящике, неправильной установки стержня.

Разностенность возникает в результате неправильной установки или смещения стержней при заливке формы в случае непрочного их крепления.

Коробление – искажение размеров и конфигурации отливки вследствие ее изгиба в целом или частично. Возникает вследствие недостаточной податливости формы и стержней при усадке отливки в процессе затвердевания, а также в результате больших внутренних напряжений вследствие неравномерного затвердевания отдельных частей отливки. Во

избежание коробления необходимо добиваться меньшей разностенности отливки, а для охлаждения массивных частей применять холодильники.

Методы обнаружения дефектов

Поверхностные дефекты отливок в виде трещин, пор и раковин, пригаров выявляют различными методами. Видимые дефекты обнаруживают внешним осмотром после извлечения отливки из формы или после очистки. Невидимые поверхностные дефекты определяют с помощью люминесцентного контроля, магнитной или цветной дефектоскопии.

При люминесцентном методе на поверхность отливки наносят слой раствора, способного светиться в ультрафиолетовых лучах. Раствор затекает в тонкие трещины, поры и раковины. Раствор смывают и после сушки на поверхность наносят тонкоизмельченный силикагель, способный впитывать флюоресцирующий раствор, оставшийся в углублениях и трещинах. Отливку устанавливают под источник ультрафиолетового света и по яркому свечению порошка определяют место и размеры поверхностных дефектов.

Магнитную дефектоскопию применяют для выявления в отливках из магнитных сплавов поверхностных трещин и внутренних дефектов, расположенных на глубине до 2 мм. Отливку намагничивают и покрывают тончайшим магнитным порошком или суспензией порошка в воде или масле. По искажению силовых магнитных линий и возникновению бугорков из магнитного порошка судят о размерах и форме дефекта.

Метод цветовой дефектоскопии состоит в погружении отливок на 5...10 мин в красную краску, которая проникает в трещины и поры. После удаления краски с поверхности отливки на нее наносят тонкий слой белой краски. После подсушки в местах расположения трещин и пор на белом фоне проявляются их следы в виде красных линий и точек. Чем глубже и крупнее дефекты, тем ярче и больше их красные следы. После контроля белую краску смывают растворителем.

Внутренние дефекты выявляют радиографическими или ультразвуковыми методами дефектоскопии.

При использовании радиографических методов (рентгеноскопия, гамма-дефектоскопия) на отливки воздействуют рентгеновским или гамма-излучением и получают негативные снимки. Дефекты отливок (шлаковые включения, газовые и усадочные раковины, поры, трещины) в меньшей степени поглощают интенсивность лучей, чем металл, поэтому на

пленке дефекты появляются в виде темных пятен. С помощью этих методов выявляют наличие дефекта, размеры и глубину его залегания.

При ультразвуковом контроле ультразвуковая волна, проходящая через стенку отливки, при встрече с границей дефекта (трещиной, раковинной) частично отражается. По интенсивности и направлению отраженной волны судят о наличии, размерах и глубине залегания дефекта. Для обнаружения дефекта необходимо, чтобы его поперечные размеры были не меньше длины ультразвуковой волны.

Методы исправления дефектов

Дефекты отливок исправляют, если это технически возможно и экономически целесообразно. Наиболее распространенными способами исправления дефектов являются правка, заварка и пропитка.

Правкой исправляют коробление отливок. Для этого на отливку оказывают механическое воздействие – ее пластически деформируют на прессах или молотками и восстанавливают требуемую геометрию.

Поверхностные дефекты на необрабатываемых поверхностях (раковины, сквозные отверстия, трещины) исправляют дуговой и газовой сваркой. Для этого дефектное место отливки разделявают – придают сечению завариваемого места V-образную форму.

Дуговой сваркой без подогрева исправляют дефекты чугунных отливок. Наплавка металла однослойная или многослойная валиками, по необходимости с подчеканкой. Для этого применяют стальные, медно-стальные и медно-никелевые электроды.

Дуговую и газовую сварку с подогревом применяют для исправления дефектов стенок отливок, испытывающих динамические нагрузки. Отливки перед сваркой нагревают (чугунные — до 550...700 °С, алюминиевые и магниевые — до 350...400 °С), чтобы избежать значительных термических напряжений. Для исключения окисления поверхности используют флюсы или защитные газы. Объем дефекта заполняют наплавляемым металлом, близким по химическому составу к материалу отливки. Наплавляемый металл поддерживают некоторое время в жидком состоянии в целях выравнивания химического состава и удаления неметаллических включений. После сварки отливку или дефектное место вновь нагревают до первоначальной температуры и затем медленно охлаждают для устранения сварочных напряжений.

Дефекты механически обработанных стальных отливок исправляют пайкой. Для пайки применяют твердые припои Cu-Ni, Cu-Ag.

Пропитку применяют для устранения пористости. Для пропитки широко используют бакелитовый лак, натуральную олифу, жидкое стекло и этилсиликат. Пропитку лаками проводят в специальных баках при температуре 150...200 °С под давлением 0,5...0,6 МПа. Жидким стеклом отливки пропитывают при температуре 85...95 °С. Перед пропиткой отливки, чтобы очистить их от масла, промывают в тетрахлориде углерода и подвергают вакуумированию. Длительность пропитки определяется толщиной стенок, размерами пор и свойствами пропитывающего материала. Для отверждения пропитывающего материала отливки нагревают и выдерживают в течение определенного времени.

Для устранения течи отливки из цветных металлов пропитывают бакелитовым лаком.

Незначительные поверхностные дефекты исправляют заделкой замазками или мастиками.

Перед заполнением мастикой дефектные места очищают от грязи, обезжиривают и сушат. После заполнения исправленное место заглаживают, обдувают сжатым воздухом и грунтуют. Применяют замазки из наполнителя (каменной муки, цемента, металлической стружки), связующего (жидкого стекла, эпоксидной смолы) и отвердителя.

После исправления дефектов отливки вновь подвергают контролю. Перед сдачей на склад чугунные отливки грунтуют или окрашивают, отливки из магниевых сплавов подвергают специальной химической обработке для получения защитной оксидной пленки.

Тема : Особенности технологии формовки

Машинная формовка применяется главным образом в условиях серийного, крупносерийного и массового производства отливок при широком использовании средств комплексной механизации, когда механизмируются все операции технологического процесса литья: приготовление и доставка к формовочным машинам смесей, изготовление форм, заливка форм расплавом и т. д..

Высокомеханизированное производство отливок базируется на тщательной разработке технологических процессов литья и осуществляется рабочими высокой квалификации. При этом от рабочего-формовщика требуется хорошее владение машиной (знание устройства, условий ее настройки и эксплуатации) и твердое знание технологии машинной формовки, от которой зависит качество форм и отливок. Кроме того, он должен иметь определенный запас инженерных и экономических знаний, которые позволят ему стать полноценным членом коллектива работников литейного цеха, откроют перспективы для повышения квалификации — присвоения более высокого разряда.

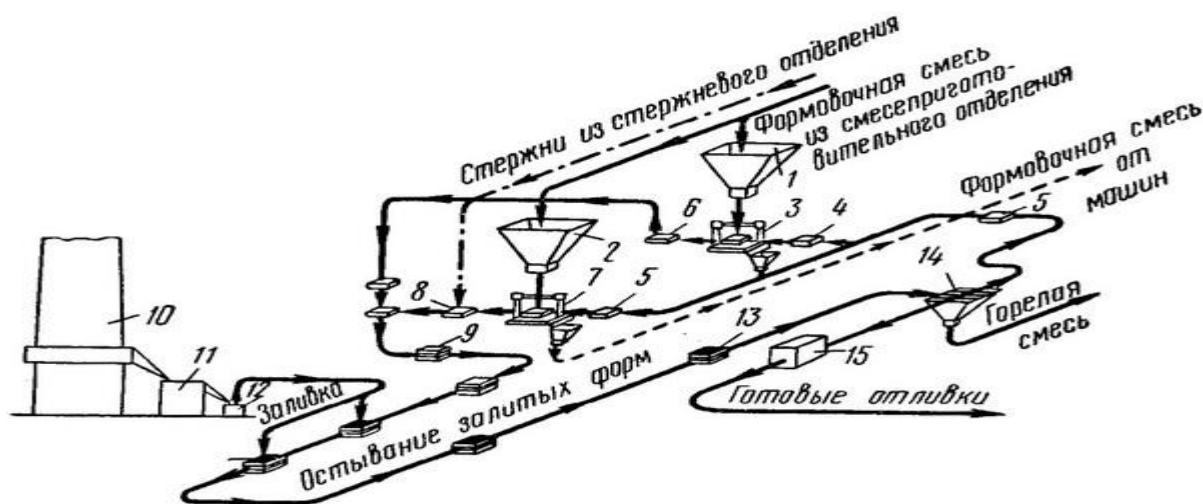


Рисунок 97. Принципиальная схема технологических переходов в формовочно-сборочно-заливочном и выбивном отделении чугунолитейного цеха:

1 и 2 — расходные бункера с формовочной смесью, 3 — формовочная машина для изготовления верхних полуформ, 4, 5 — порожние опоки, 6 — верхняя полуформа, 7 — формовочная машина для изготовления нижних полуформ, 8 — нижняя полуформа, 9 — готовая к заливке форма, 10 — плавильная печь для чугуна — вагранка, 11 — копильник, 12 — разливочный ковш, 13 — залитая расплавом форма, 14 — выбивная решетка, 15 — установка для очистки отливок

Технологический процесс ручного изготовления литейных форм характеризуется рядом специфических операций. Наиболее важными являются операции заполнения формовочной смесью опоки и уплотнения смеси. Уплотнение смеси должно быть проведено равномерно по всему ее объему. Правильно изготовленная литейная форма должна сохранять свои размеры и конфигурацию, а в процессе заливки расплавленным металлом не затруднять выхода пара и газов и легко разрушаться после охлаждения отливок

Основные операции:

Технологический процесс ручного изготовления опытной партии отливки теплообменника “Труба ребристая” имеет ряд технологических особенностей и включает в себя следующие операции. На подмодельной плите устанавливается модель верха с элементами литниково-питающей системы: выпор, стояк, шлакоуловитель. По первому варианту технологии для получения отливки был предусмотрен один выпор на дальнем фланце отливки, что привело к типичному виду брака, который будет рассмотрен далее. Во втором варианте на отливке располагаются выпора на двух фланцах, что обеспечивает подпитку кристаллизующейся отливки. После установки модели верха на подмодельной плите, она натирается керосино-графитовой смазкой и припудривается пылевидным графитом для предотвращения прилипаемости смеси к поверхности модели. После этого производится нанесение на поверхность модели облицовочного слоя смеси и набивка полуформы верха. Необходимость формовки в первую очередь опоки верха вызвана тем, что опока верха должна иметь более высокие прочностные характеристики, чем опока низа для предотвращения выпадения смеси из межреберного пространства формы при ее кантовке после удаления модели. Следовательно, для достижения этого необходимо хорошее уплотнение формовочной смеси в опоке. Достичь этого возможно только на подмодельной плите. Таким образом исключается деформация полуформы низа при формовке опоки верха. Характерной технологической особенностью является простановка отъемных пенополистироловых частей по всей протяженности отливки в вершинах ребер. После окончания формовки опоки верха, на нее устанавливаются наращалки. Наращалки служат для увеличения гидростатического напора металла при заливке формы. По окончании изготовления наращалок поверхность опоки накалывается душником, удаляются элементы ЛПС (выпор, стояк), снимаются наращалки и опока кантуется. Следующая технологическая операция включает в себя изготовление опоки низа. На перевернутую опоку верха с помощью шипов устанавливается модель низа (шипы дают

точность сборки модели верха и низа) и модели питателей. Модель смазывается керосино-графитовой смазкой, припыляется графитом. На формовочную смесь опоки низа наносится разделительный слой. На опоку верха с помощью направляющих и центрирующих штырей устанавливается опока низа, на модель наносится облицовочный слой и осуществляется формовка опоки низа. По завершении формовки опоки разбираются и из них извлекаются модели низа и верха.

Извлечение модели имеет характерную особенность. Успешное извлечение модели можно осуществить только при помощи протяжного шаблона и резьбового протяжного устройства. Извлечение модели без таких приспособлений вело к обрыву смеси в межреберных участках, засорам формы или к полному ее разрушению. Перед наложением шаблона и извлечением модели, она слегка расталкивается в поперечном направлении. В полуформе верха после извлечения модели в вершине каждого ребра накалываются вентиляционные каналы с внутренней стороны формы насквозь. После установки полуформы низа на заливочный плац, ее продувают, производят визуальный контроль и устанавливают стержень (рис.3-5). Затем производится продувка полуформы верха, ее контроль и сборка полуформ. Сборка полуформ производится по штырям. Разъем формы промазывается глиной для предотвращения течи металла по разьему формы. После вырезания в наращалках заливочной воронки на стояке и подпитывающих воронок на выпорах, они устанавливаются на форму. Крепление полуформы низа с полуформой верха производится с помощью струбцин.

Подготовка литейной оснастки. Правильная подготовка литейной оснастки способствует увеличению производительности, облегчает труд и повышает качество литейных форм. При подготовке проверяют исправность модельных плит, осматривают модели. Модели со смещением половинок по шипам более нормы, с плохим креплением подъемов, а также модели покоробленные, с трещинами, забитыми углами, вмятинами к использованию непригодны.

Перед работой модель и модельные плиты очищают от пыли, формовочной смеси, протирают керосином или смесью керосина с графитом. Проверяют комплектность оснастки и модели, наличие формовочного инструмента, стояков для вывода газов, шлакоуловителей.

Перед формовкой тщательно проверяют исправность опок, в них не должно быть остатков формовочной смеси и сплесков металла.

Уплотнение смеси в опоке.

При ручной формовке по моделям заполнение опоки смесью проводят в два этапа. Сначала на модель наносят слой облицовочной смеси, уплотняя ее вокруг модели вручную, после чего опоку заполняют наполнительной смесью. Заполнение и уплотнение должно производиться отдельными слоями толщиной 50-75 см, но не более 150 см каждый. Толщина слоя облицовочной смеси в уплотненном состоянии для данной отливки составляет 10-20 мм.

При уплотнении смеси в опоке всегда следует обращать внимание на то, чтобы клиновидный конец ручной трамбовки не доходил до модели на 20-30 мм. В противном случае может быть повреждена поверхность модели, а также образоваться местное переуплотнение формовочной смеси, приводящее к возникновению газовых раковин. Уплотнение смеси трамбовкой начинают вдоль стенок опоки, после чего переходят к уплотнению остального объема опоки. Во избежание разрушения полуформы при перемещении или кантовании необходимо тщательно уплотнять смесь в углах опок и вдоль ее стенок. Слои формовочной смеси внизу опоки, т.е. прилегающие к модельной плите, уплотняют клиновидным концом трамбовки; верхние слои - плоским. При уплотнении необходимо обращать внимание на то, чтобы не смещались отъемные пенополистироловые части модели верха.

Плотность формовочной смеси в верхней полуформе должна быть несколько меньше, чем в нижней. Это необходимо в связи с тем, что на смесь в нижней полуформе действует масса отливки. Поэтому смесь в ней должна быть более прочной, не деформироваться. В верхней полуформе создают условия для удаления пара и газов. Но для данной отливки плотность формовочной смеси в верхней полуформе превосходит необходимую плотность формовочной смеси в нижней полуформе. Это связано с тем, что из-за высокого и тонкого рельефа модели уплотненная формовочная смесь имеет тенденцию к отрыву и выпадению из формы, т.е. полуформа разрушается. При таком уплотнении удаление газа и пара из формы производится через систему вентиляционных каналов.

Накалывание вентиляционных каналов производят металлическими иглами разной длины и диаметра. На 1 дм площади сырой формы выполняют 3-4 накола. Кроме того, полость формы, формирующая ребро отливки, накалывается изнутри. Таким образом нормализуется газовый режим и компенсируется плотная набивка полуформы верха.

Изготовление стержней.

Стержни должны обладать высокой газопроницаемостью, прочностью, податливостью и выбиваемостью. Эти свойства обеспечиваются выбором стержней смеси и конструкцией

стержня.

Стержень изготавливается в деревянном разъемном стержневом ящике. Крепление половинок ящика между собой производится скобами типа “ласточкин хвост”. Собираются половинки по шипам. Собранный стержневой ящик устанавливается на специальную подложку, на которой крепится арматура будущего стержня. Набивка стержня производится в вертикальном положении при помощи специальной набойки, полый внутри. Арматура стержня также является и газовентиляционным ходом, т.к. она полая и в ее стенках имеются отверстия, через которые происходит удаление газа из стержня в его знаковые части.

Сушка стержней.

Сушка стержней необходима для повышения их прочности, газопроницаемости и уменьшения газотворной способности. Сушка является более длительной операцией по сравнению с операцией изготовления стержня. Длительность операции сушки зависит от требуемой температуры, массы стержня и других факторов. Продолжительность сушки может достигать нескольких часов.

Процессы, происходящие при сушке, а также температура сушки зависят от типа связующих. При сушке стержней, изготовленных с применением сульфитной барды, происходит испарение воды, образуется смола, которая обладает упрочняющими свойствами. Температура сушки этих смесей составляет 165-190°C.

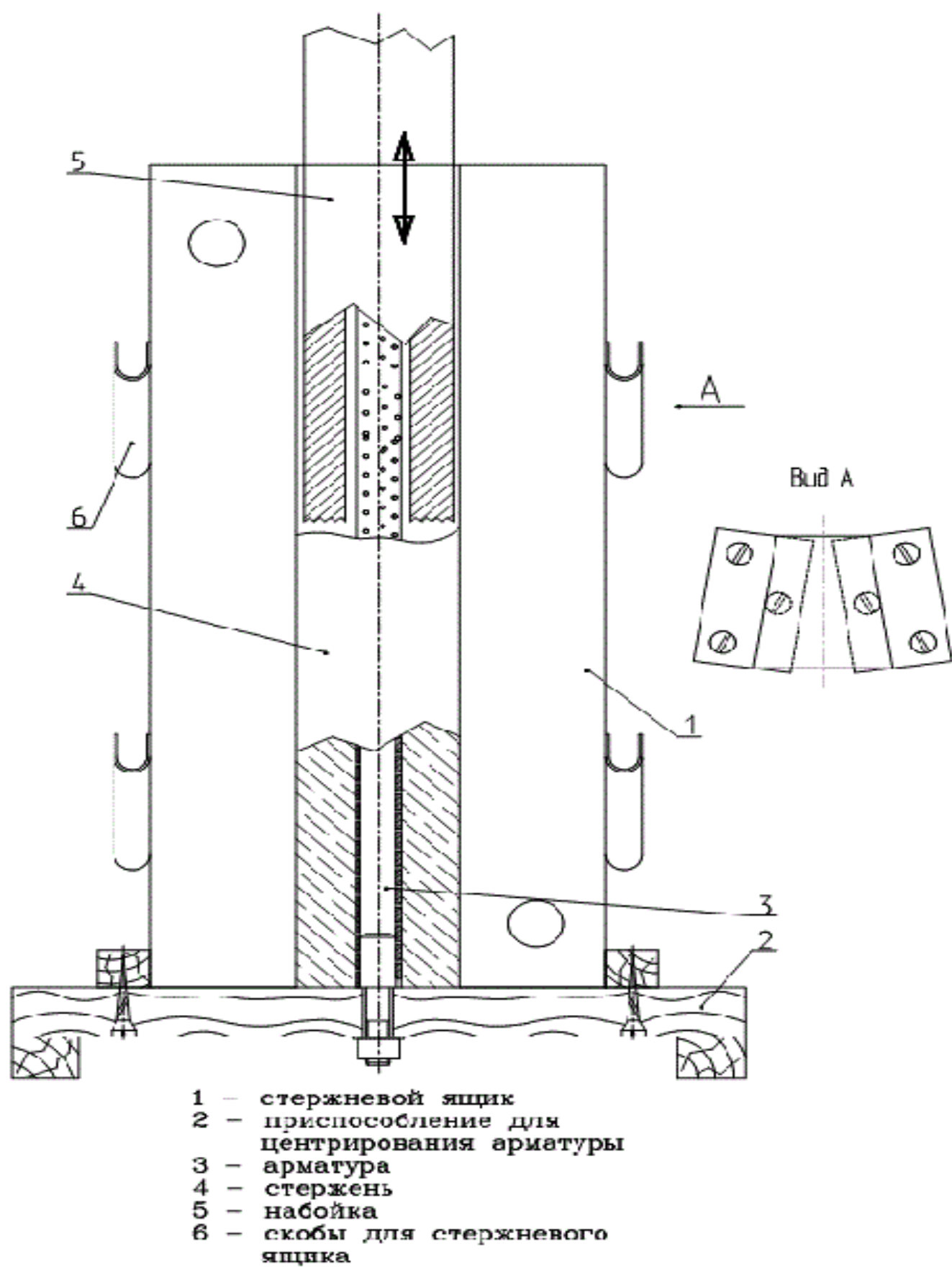


Рисунок 98. Схема набивки стержневого ящика

Тема: Плавка белого чугуна. Очистка отливок

Такой процесс плавки характерен для цехов ковкого чугуна. Ее особенности обусловлены более низким (по сравнению с серым чугуном) содержанием углерода (2,4—3,0%) и кремния (0,9—1,6%) в расплаве белого чугуна. Ввиду сложности получения расплавов такого химического состава в вагранках плавку чаще всего ведут дуплекс-процессом в двух последовательно используемых печах: в вагранках без подогрева дутья — для расплавления шихты с теми же, что и для серого чугуна, шихтовыми материалами, а затем в дуговой электрической печи с кислой футеровкой, в которую чугунный расплав переливают для его доведения до требуемого химического состава по кремнию, марганцу и углероду. При этом ванна расплава нагревается до 1500—1550°C, а температура при выпуске белого чугуна составляет 1450—1500°C.

Перед заливкой в формы полученный в электрической дуговой печи белый чугун с целью улучшения механических свойств и ускорения процесса отжига модифицируют в раздаточных ковшах. В качестве модификаторов применяют алюминий, висмут и бор. Белый чугун – разновидность чугуна, имеющая в изломе белый цвет и характерный металлический блеск. Углерод в нем содержится в виде цементита. Присутствие графита в белом чугуне визуально не обнаруживается и определяется лишь химическим путем.

Нелегированный и легированный белый чугун обладают различным химическим составом. Легирование белого чугуна выполняется с целью повышения его износостойкости. Для этих целей применяются карбидообразующие элементы – хром, вольфрам, молибден и др.

Особенности получения белого чугуна

В процессе получения белого чугуна заданной структуры необходимо подавить процесс графитизации в течение всего времени кристаллизации жидкой массы. В данном случае имеет значение как грамотный подбор исходных материалов, так и соблюдение технологии охлаждения чугуна в форме.

Когда отливки производят из нелегированного чугуна в сырых песчаных формах, существует необходимость соблюдать пропорцию углерода и кремния: $C (Si + lg R) < 4.5$. Площадь сечения отливки, деленная на периметр сечения, называется приведенной толщиной и обозначается в данном случае как R .

Высокое содержание цементита в белых чугунах серьезно осложняет использование их в качестве конструкционных материалов, поскольку они отличаются хрупкостью и крайне тяжело поддаются механической обработке. С другой стороны, отливкам белого чугуна свойственны коррозионная стойкость, устойчивость к высоким температурам и открытому огню, износостойкость. Для поддержания вышеуказанных качеств состав их должен быть максимально однородным. Чем больше карбидов содержится в белом чугуне, тем большей твердостью он отличается. Если происходит коагуляция карбидов из-за несоблюдения технологии, твердость чугуна существенно снижается. Максимальной твердостью обладает белый чугун мартенситной структуры.

Легирующие элементы белого чугуна

Интенсивнее всего на твердость белого чугуна влияет углерод, который, собственно, и определяет количество карбидов. Остальные элементы, оказывающие воздействие на его твердость, располагаются в такой последовательности (по убывающей): никель, фосфор, марганец, хром, молибден, ванадий, кремний, медь, титан, сера.

Такие элементы, как Ni, Mn, Cr, непосредственно участвуют в образовании мартенситно-карбидной структуры. Если их суммарное содержание примерно равно доле углерода, отливка белого чугуна имеет максимальную твердость.

Для белого чугуна характерно отсутствие прямой зависимости между твердостью и износостойкостью; в данном случае это разные качества. Износостойкость является определяющей характеристикой, и наилучшими ее показателями обладает белый чугун с особым строением металлической массы, в которой карбиды и фосфиды располагаются в виде отдельных равномерных включений или графически правильной сетки. Белый чугун нашел широкое применение в производстве деталей станков, оборудования и механизмов, работающих в условиях повышенного абразивного износа, при отсутствии смазки.

Легированный белый чугун обладает наряду с жаропрочностью и стойкостью к коррозии, еще и электросопротивлением. Эти характеристики обусловлены структурой его металлической массы, которая может быть карбидно-перлитной, карбидно-аустенитной и иметь в своем составе легированный феррит. Иными словами, качество отливки напрямую зависит от состава легирующих элементов и их концентрации. В большинстве случаев именно хром является главным легирующим элементом, образующим карбиды хрома и железа и связывающим углерод.

Высокохромистый белый чугун

Высокохромистый белый чугун отличается максимальной устойчивостью к коррозии благодаря образованию на его поверхности окисных пленок. Кроме того, карбиды хрома и железа характеризуются высоким электродным потенциалом, сравнимым с потенциалом хромистого феррита – второй составляющей металлической массы белого чугуна.

Высокохромистый белый чугун сохраняет свои коррозионные свойства в щелочных и соляных растворах, серной и азотной кислоте.

Процесс комплексного легирования белого чугуна чреват коагуляцией карбидов в условиях высоких температур. Присутствие в нем хрома увеличивает температурную стойкость карбидов и способствует замедлению диффузных процессов. Если дополнительно легировать высокохромистый белый чугун такими элементами, как Ni и Mo, его механические характеристики еще больше повышаются, а сам он по прочности приближается к жаропрочной стали.

В сферах, где востребованы такие качества чугуна, как коррозионная стойкость и наличие высокого электросопротивления, используется именно легированный белый чугун.

Белый нержавеющий и жаропрочный чугун

В промышленности сегодня широко используется нержавеющий белый чугун марок X28 и X34. Помимо коррозионной устойчивости, детали из него обладают способностью сохранять свои первоначальные размеры в процессе длительного и циклического нагрева. Своими улучшенными характеристиками чугуны этих марок обязаны дополнительному легированию следующими элементами:

N – 0,1 %;

Ti – 0,5 %;

Cu – 0,5-2,0 %.

Белый чугун с высоким удельным сопротивлением

Чугун марки X34 используется для литых нагревателей, способных работать при температуре 800-900 °С. Данная разновидность белого чугуна носит название сормайт и отличается следующим процентным соотношением легирующих элементов:

углерод – 2,5-3,5 %;
кремний – 2,0-2,5 %;
марганец – 1,0-1,5 %;
никель – 3,0-5,0 %.

Удельное сопротивление его характеризуется следующими показателями: $\rho = 1,4/1,5 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, $\sigma_{\text{в}} = 35 \text{ кГ/мм}^2$; $\sigma_{\text{изг}} = 70 \text{ кГ/мм}^2$; HRC 48-50.

Отливки из белого чугуна подвергаются отжигу – для снятия внутренних напряжений и стабилизации размеров. Температура отжига зависит от стойкости карбидов и в случае белого чугуна повышается до 850 °С. Процессы нагревания и охлаждения должны быть медленными для всех сортов легированного чугуна. В результате получают прочные детали, в гораздо меньшей степени склонные к образованию трещин.

Очистка отливок. После выбивки отливок из формы на их поверхности остается пригоревшая формовочная смесь и заусенцы, которые очищают в обрубном отделении цеха. Очистку отливок производят следующими способами:

- Дробеструйной или дробеметной обработкой. Очистку производят в барабанах, на столах или в камерах непрерывного или периодического действия. Струю чугунной или стальной дроби направляют на поверхность отливки с большой скоростью.

Схема дробеметного ленточного барабана приведена на рис. 86. Торцовые стенки 3 барабана неподвижны, верхняя часть боковой поверхности образована крышкой 2, неподвижной при работе барабана. Дно барабана образовано пластинчатой лентой 5.

Отливки, увлекаемые лентой при ее движении снизу вверх, перекатываются, подвергаясь при этом действию струи дроби, выбрасываемой лопатками турбины (не показанной на чертеже) со скоростью 70 м/сек. После окончания очистки крышку открывают, ленту пускают в обратную сторону, как показано стрелкой и отливки выбрасывают в ящик 6. В эти барабаны отливки загружают ковшовым элеватором 4. Металлическая дробь очищается от пыли и подается элеватором 1 в дробеструйный аппарат. Очистка отливок в барабане продолжается 15 — 20 мин.

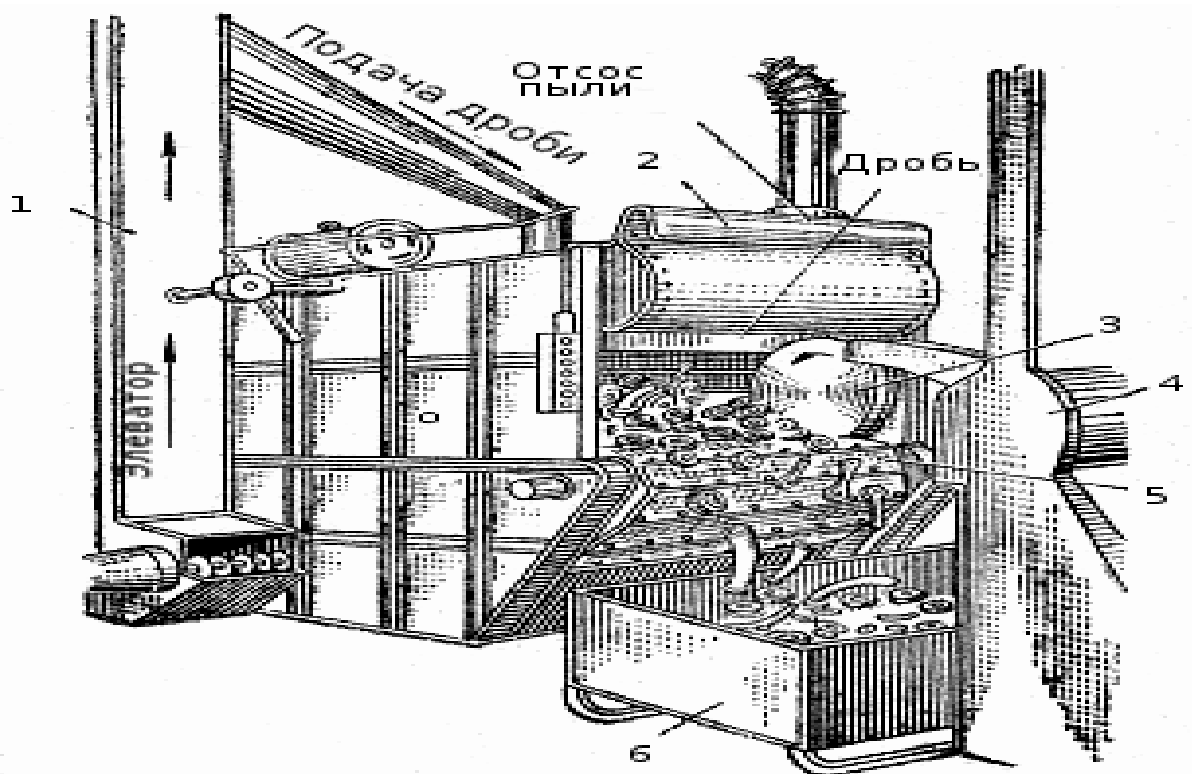


Рисунок 99. Дробеметный ленточный стол

- Ударным действием гидравлической или пескогидравлической струи. На поверхность отливки направляют струю воды или смесь воды с песком под давлением 35 атм.
- Электроконтактным способом, который основан на воздействии теплового эффекта электрического тока на отливку.
- В ваннах с расплавленной или растворенной солью. Отливки помещают в корзины, которые при движении конвейера опускаются в ванну. Под действием соли пригоревшая формовочная смесь отстает от отливки.
- В растворах жидкостей ультразвуковым методом. Отливки погружают в жидкость, которую приводят в колебательное движение с частотой, превышающей частоту звуковых колебаний.
- Абразивным инструментом на станках или непрерывной лентой.

Тема:Отжиг белого чугуна. Интенсификация процесса отжига ковкого чугуна

Для получения ковкого чугуна используют белый доэвтектический чугун (2,5 – 3,0 % C; 0,5 – 1,5 % Si; 0,3 – 1,0 % Mn; 0,08 – 0,2 % P; не более 0,12 % S),

в котором при отжиге происходит распад цементита с образованием графита –

графитизация белого чугуна.

Графитизацию при температурах выше критической можно представить следующим образом:

→Цементит → аустенит и графит.

Процесс графитизации начинается с возникновения графитных центров, которые наиболее легко зарождаются в местах нарушения сплошности – в закалочных и деформационных микротрещинах, усадочных микропорах.

При появлении в белом чугуне центров графитизации нарушается равновесие между аустенитом и цементитом и в соответствии с диаграммой железоуглеродистых сплавов (линии ES,

E'S') возникает перепад концентрации углерода на границах раздела фаз: аустенит – графит и аустенит – цементит. В возникающей системе из трёх фаз – аустенита, графита и цементита аустенит не может одновременно находиться в равновесии с цементитом и графитом.

Так как система стремится к равновесию из аустенита, который пересыщен в слое, прилегающем к графиту, будет

выделяться избыток углерода и включения графита будут расти. Но

при этом аустенит становится ненасыщенным в слое,

который прилегает к цементиту, и

происходит распад цементита и растворение углерода в аустените, что снова вызывает пересыщение аустенита в слое, который прилегает к графиту,

и выделение из него избыточного углерода. Таким образом, распад

цементита продолжается до полного его растворения в аустените,

после чего между включениями графита и аустенита устанавливается равновесие. В результате такого распада образуется хлопьевидный графит (углерод отжига)

, характерный для структуры ковкого чугуна.

В исходном состоянии белый доэвтектический чугун имеет структуру, которая состоит из перлита, вторичного и эвтектического цементита.

При переходе через эвтектоидный интервал температур перлит превращается в аустенит, а при повышении температуры до 950-

1000°C происходит распад цементита (эвтектического и вторичного) и образуется структура аустенит и графит. Этот процесс называют первой стадией графитизации.

Полной графитизации, то

есть получения структуры, которая состоит из перлита и графита, можно достигнуть охлаждением чугуна;

→ 1.

в эвтектоидном интервале температур с такой скоростью, чтобы происходил прямой эвтектоидный распад аустенита на феррит и графит ($A \rightarrow F + G$);

→ → 2. немного ниже эвтектоидного интервала температур с образованием из аустенита перлита [$A \rightarrow P (F + C$

)] с выдержкой при этой температуре для графитизации эвтектоидного цементита ($C \rightarrow F + G$).

И в том и в другом случае будет получаться структура феррит и графит; этот процесс называют второй стадией графитизации.

Если вместо ферритного ковкого чугуна требуется, чтобы структура была перлитной или феррито-

перлитной, то вторую стадию графитизации совсем не проводят или не доводят до конца и после первой стадии графитизации или частично проведённой второй стадии охлаждают на воздухе.

В первом случае будет получаться структура перлит и графит, во втором – феррит, перлит и графит.

Для сокращения времени отжига белого чугуна применяют следующие методы:

модифицирование; предварительную закалку;

предварительную низкотемпературную выдержку.

Модифицирование – это введение в металлические расплавы модификаторов¹.

Самым распространённым модификатором - элементом,

применяемым для модифицирования чугуна, является алюминий, добавляемый в не большом количестве (0.01-0.02%).

Отжиг с предварительной закалкой заключается в том, что белый чугун подвергают закалке с 900-950°C в воде или масле.

При закалке, во время мартенситного превращения, образуются многочисленные микротрещины, в которых наиболее легко зарождаются центры графитизации.

Отжиг с предварительной низкотемпературной выдержкой заключается в том, что белый чугун выдерживают в течении 6-ти -- 8-ми часов при температуре 350-400°C.

Число центров графитизации увеличивается, и сокращается время отжига.

Механизм влияния низкотемпературной выдержки ещё не установлен.

Если ковкому чугуну хотят придать одновременно повышенную прочность и пластичность, применяют сфероидизирующий отжиг, в результате которого получается структура зернистого перлита и графита.

Используют белый чугун с повышенным содержанием марганца (около 1%). Марганец незначительно удлиняет первую стадию графитизации, но тормозит распад цементита во второй стадии, что позволяет дать выдержку, достаточную для превращения пластинчатого перлита в зернистый.

Получение чугуна с зернистым перлитом можно представить в виде следующих схем:

1. быстрое охлаждение после первой стадии графитизации до температуры несколько ниже $700-720^{\circ}\text{C}$ и длительная выдержка при этой температуре;
2. быстрое охлаждение после первой стадии графитизации до температуры 20°C с последующим циклическим режимом -

нагрев выше и охлаждение ниже температуры $700-720^{\circ}\text{C}$ повторяют несколько раз. Графитизирующий отжиг применяют также для устранения отбела отливок из серого чугуна, возникающего при литье в металлические формы, в связи с чем повышается хрупкость и резко снижается обрабатываемость. При проведении данного отжига отливки нагревают до $850-950^{\circ}\text{C}$ в течение 2-х—3-х часов (первая стадия графитизации) и охлаждают на воздухе до температуры 20°C или проводят вторую стадию графитизации (от 2-х до 6-ти часов). Быстрый распад цементита объясняется повышенным содержанием в серых чугунах кремния (1.5-3%). В результате отжига устраняется отбел и структура становится перлитной, феррито-перлитной или ферритной.

Низкотемпературный отжиг применяют для снятия внутренних остаточных напряжений отливок серого чугуна. Данный отжиг проводят по следующему режиму: медленный нагрев отливок ($30-180^{\circ}\text{C}/\text{ч}$) до $530-620^{\circ}\text{C}$, выдержка при этой температуре 1-4 часа (с момента нагрева до заданной температуры наиболее толстого сечения отливки) и медленное охлаждение вместе с печью со скоростью $10-30^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ до $250-400^{\circ}\text{C}$

². В результате такого отжига внутренние остаточные напряжения уменьшаются на 80-85% и увеличивается количество феррита. Отжиг при более высоких температурах

может вызвать графитизацию эвтектоидного цементита, снижение твердости и прочности чугуна

Тема: Углеродистые стали

Углеродистой сталью называется сплав железа с углеродом (содержание углерода до 2 %) с примесями кремния, серы и фосфора, причем главной составляющей, определяющей свойства стали, является углерод. Процентное содержание элементов в стали примерно следующее: Fe – до 99,0; C – 0,05 – 2,0; Si – 0,15 – 0,35; Mn – 0,3 – 0,8; S – до 0,06, P – до 0,07. Классификация углеродистых сталей. Углеродистые стали, классифицируют по содержанию углерода, назначению, качеству, степени раскисления и структуре в равновесном состоянии. По содержанию углерода стали подразделяются на низкоуглеродистые (менее 0,3 % C), среднеуглеродистые (0,3 – 0,7 % C) и высокоуглеродистые (более 0,7 % C). По назначению стали классифицируют на конструкционные и инструментальные. Конструкционные стали предназначены для изготовления строительных сооружений, деталей машин и приборов. К этим сталям относят цементируемые, улучшаемые, высокопрочные и рессорно-пружинные. Инструментальные стали, подразделяют на стали для режущего, измерительного инструмента, штампов холодного и горячего (до 200° C) деформирования. По качеству стали классифицируют на обыкновенного качества, качественные, высококачественные. Под качеством стали понимается совокупность свойств, определяемых металлургическим процессом ее производства. Нормы содержания вредных примесей служат основными показателями для разделения сталей по качеству. Стали обыкновенного качества содержат до 0,06 % S и 0,07 % P, качественные - не более 0,04 % S и 0,035 % P, высококачественные – не более 0,025 % S и 0,025 % P. Стали обыкновенного качества

бывают только углеродистыми (до 0,5 %C), качественные и высококачественные – углеродистыми и легированными. По степени раскисления и характеру затвердевания стали классифицируют на спокойные, полуспокойные и кипящие. По структуре в равновесном состоянии стали делятся на: 1) доэвтектоидные, имеющие в структуре феррит и перлит; 2) эвтектоидные, структура которых состоит из перлита; 3) заэвтектоидные, имеющие в структуре перлит и цементит вторичный.

Влияние примесей стали на ее свойства.

Кремний – увеличивает прочность, износостойкость и придает упругие и антифрикционные качества. При содержании более 2 % снижает пластичность. Повышает прокаливаемость, но увеличивает температуру заковки, нормализации и отжига.

Марганец – повышает прокаливаемость и механические, в особенности упругие, свойства. При содержании более 1,5 % сообщает склонность к отпускной хрупкости. При содержании около 13 % и выше придает стали аустенитную структуру, противоударную стойкость, высокую износостойкость при сухом трении. При нагреве способствует росту зерна. Сера является вредной примесью. Сера находится в стали главным образом в виде FeS. Это соединение сообщает стали хрупкость при высоких температурах (красноломкость). Сера увеличивает истираемость стали, понижает сопротивление усталости и уменьшает коррозионную стойкость. Увеличение хрупкости стали при повышенном содержании серы используется иногда для улучшения обрабатываемости на станках.

Фосфор является вредной примесью. Он образует с железом соединение Fe_3P , которое растворяется в железе. Кристаллы этого химического соединения очень хрупки. Обычно они располагаются по границам зерен стали, резко ослабляя связь между ними, вследствие чего сталь приобретает очень высокую хрупкость в холодном состоянии (хладноломкость).

В основу классификации положено содержание в стали серы и фосфора, т. е. вредных примесей. Качество стали тем выше, чем меньше в ней серы и фосфора. По качеству можно выделить следующие основные группы сталей:

- стали обыкновенного качества, содержащие до 0,06% серы и 0,07% фосфора;

- качественные стали, содержащие до 0,04% серы и 0,035% фосфора;
- высококачественные стали, содержащие до 0,025% серы и 0,025% фосфора, выплавляемые в электропечах. Сера в таких количествах растворяется в железе, поэтому сульфиды не образуются, следовательно, высококачественные стали не подвержены красноломкости;
- особовысококачественные стали получают путем применения специальных металлургических технологий: электрошлакового переплава (ЭШП) — переплав стали под слоем специального шлака позволяет снизить содержание серы до 0,002... 0,008%; вакуум нодуговой переплав (ВДП) почти полностью выводит из стали газы.

Маркировка углеродистых сталей. Углеродистые стали выпускают обыкновенного качества, качественные и высококачественные. Легированные стали — качественные, высококачественные и особовысококачественные. Стали обыкновенного качества обозначают буквами Ст и цифрой, указывающей порядковый номер стали: СтО, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. С увеличением номера повышаются содержание углерода и прочностные свойства, но снижается пластичность. Так, в зависимости от марки (номера) содержание углерода в сталях увеличивается от 0,06 до 0,43%, возрастают предел прочности σ_B от 300 до 600 МПа и предел текучести $\sigma_{0,2}$ от 150 до 300 МПа, а относительное удлинение δ снижается от 32 до 14%. Стали обыкновенного качества используют в основном как строительные. Их не подвергают термической обработке. Качественные углеродистые стали являются машиностроительными, их применяют для изготовления деталей машин (конструкционные стали) или инструментов (инструментальные стали). Для обеспечения требуемых свойств они подвергаются термической обработке и поэтому поставляются с гарантированным химическим составом, который указывается в обозначении марки. Конструкционные стали обозначаются цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. В машиностроении используются следующие марки сталей: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70. Для каждой марки стали установлены пределы содержания углерода; например, сталь 20 содержит 0,18...0,22%, сталь 25 — 0,23...0,27%, сталь 40 — 0,37...0,42% и т.п. Цифры, обозначающие марку стали, получаются округлением концентрации углерода до ближайшего числа, кратного пяти.

Инструментальные углеродистые стали содержат от 0,7 до 1,3% С. Они обозначаются буквой У и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в десятых долях процента. Так, содержание углерода в стали У7 — 0,7%, в стали У12 — 1,2%.

Для инструментов применяются следующие стали: У7, У8, У9, У10, У11, У12 и У13.

Высококачественные стали (инструментальные углеродистые и легированные и конструкционные легированные) обозначают буквой А в конце марки сталей. Например, У8А, У10А, У12А.

Тема: Легированные стали

Существует несколько методов классификации легированных сталей: по содержанию легирующих элементов, по числу компонентов (элементов, определяющих ее свойства), по микроструктуре и по назначению.

В зависимости от содержания легирующих элементов легированные стали делят на три группы: низколегированные — содержащие менее 2,5% легирующих добавок; среднелегированные — от 2,5 до 10%; высоколегированные — более 10%. I. Компонентами углеродистой стали являются железо и углерод. В легированной стали, кроме железа и углерода, компонентами являются легирующие примеси. Следовательно, углеродистые стали — двухкомпонентные. Стали, содержащие один легирующий элемент, — трехкомпонентные. Стали, содержащие пять компонентов и более, называют многокомпонентными.

Классификация легированных сталей по микроструктуре несколько условна. Характерные для какого-либо класса структуры получаются в результате различных режимов термической обработки. Стали ферритного, перлитного и мартенситного классов названы по микроструктурам, получаемым при охлаждении на воздухе (нормализации). Стали аустенитного класса получают характерную структуру аустенита после нагрева до температур около 1000—1200° С и резкого охлаждения — аустенитизации. И, наконец,

стали ледебуритного класса получают характерную микроструктуру с участками ледебурита в результате очень медленного охлаждения литых деталей (отжига).

Стали ферритного класса содержат мало углерода, свыше 13% хрома или более 2,5% кремния; применяются как нержавеющие или электротехнические стали.

Стали перлитного класса наиболее распространены. Структура сталей этого класса после нормализации или отжига состоит из феррита и перлита или перлита и карбидов. Такие стали содержат мало легирующих примесей. Все они относятся к низко- и среднелегированным сталям. Обладают хорошей обрабатываемостью режущим инструментом. Многие стали перлитного класса, содержащие 0,15—0,20% С, хорошо свариваются. Легированные стали перлитного класса в настоящее время широко применяют для изготовления барабанов, пароперегревателей, паропроводов паровых котлов, роторов турбин, крепежных деталей фланцевых соединений, деталей арматуры на высокие параметры пара и т. д.

Стали мартенситного класса закаливаются на мартенсит при охлаждении на воздухе. Они относятся в основном к среднелегированным сталям. Их применяют для изготовления труб нефтеаппаратуры, режущих медицинских инструментов.

Стали аустенитного класса после закалки имеют аустенитную структуру. Некоторые из них сохраняют аустенитную структуру после нормализации. Они содержат много никеля или марганца. В теплотехнике их применяют для изготовления пароперегревателей, паропроводов, арматуры на сверхвысокие и сверхкритические параметры пара. В электротехнике аустенитные стали находят применение как немагнитные, в химическом машиностроении — как нержавеющие стали.

Стали ледебуритного класса в литом состоянии содержат эвтектику — ледебурит. Все они — высоколегированные с большим содержанием углерода. Послековки или прокатки сетка карбидов ледебурита дробится и превращается в отдельные мелкие карбидные зерна. Эти стали применяют для изготовления режущего инструмента, облицовки лопастей гидротурбин, работающих в условиях интенсивного абразивного износа твердыми взвешенными в воде частицами, и в других случаях, когда требуются высокая твердость и износостойкость.

По назначению легированные стали разделяются на три основные группы: конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами. Каждая из этих групп может быть разделена на более мелкие подгруппы. Подробная классификация легированных сталей по назначению приведена на рис. 90.

Маркировка легированных сталей принята буквенно-цифровая система. Каждый легирующий элемент обозначается прописной буквой:

Легирующий элемент обычно обозначают первой буквой его названия, за исключением меди и марганца. Медь обозначают буквой Д, а марганец — буквой Г, т. е. буквами, входящими в их названия и не используемыми для обозначения других металлов

Цифры, следующие за буквой, указывают примерное содержание легирующих элементов в процентах. Если в стали содержится менее 1 % легирующего элемента, то цифра не ставится. При содержании легирующего элемента от 1 до 2% после буквы ставят цифру 1. Двухзначное число в начале марки обозначает содержание углерода в сотых долях процента; однозначное число в начале марки, принятое в обозначениях марок высоколегированных конструкционных сталей и инструментальных сталей, — содержание углерода в десятых долях процента. При содержании в высоколегированных сталях менее 0,08% углерода в начале марки ставится цифра 0. Цифры перед маркой не ставят в обозначениях многих инструментальных сталей, содержащих около 1% или более углерода, а также в марках высоколегированных сталей, если нижний предел содержания углерода не ограничен при верхнем пределе 0,09% и более.

Так, перлитная сталь для пароперегревателей и паропроводов, содержащая 0,12% углерода, 1,1% хрома, 0,3% молибдена и 0,2% ванадия, обозначается 12Х1МФ. Аустенитная сталь Х18Н12Т, часто используемая в теплотехнике, содержит до 0,09% углерода, 18% хрома, 12% никеля и менее 1% титана. Сталь 0Х18Н12Т содержит углерода менее 0,08%, а сталь Х12Ф — около 1% углерода.

Химический состав и механические свойства проката из низколегированных сталей должны отвечать требованиям ГОСТ 4543—61. По этому стандарту все легированные стали классифицируют на качественные и высококачественные в зависимости от допустимого содержания серы, фосфора, меди и никеля. Ограничения на содержание этих элементов действительны тогда, когда они не вводятся в сталь в качестве легирующих примесей. В конце марки высококачественной стали ставят букву А, например 38ХМЮА.

Эта система классификации позволяет по марке стали судить о ее составе и свойствах.

Некоторые подгруппы сталей по стандарту имеют особую маркировку. Марки электротехнических тонколистовых кремнистых сталей начинаются с буквы Э, например сталь Э42. Марки сталей, используемых для изготовления постоянных магнитов, начинаются с буквы Е, например ЕХЗ. Марки быстрорежущих сталей начинаются с буквы Р, шарикоподшипниковых — с буквы Ш. Более подробно маркировка этих сталей будет разобрана в соответствующих разделах.

Кроме стандартной маркировки легированных сталей, распространена маркировка завода «Электросталь». Опытные и не стандартизованные стали маркируют буквами ЭИ и ЭП (электросталь исследовательской или поисковой плавки) и порядковым номером. Например, сталь 4Х14Н14В2М маркируется ЭИ69.

ассмотрим некоторые маркировки сталей, принятые за рубежом.

В ФРГ принята также буквенно-цифровая система маркировки стали. При этом используются три способа маркировки: по механическим свойствам, по химическому составу и кодирующий, специальными символами, которые не связаны непосредственно с механическими свойствами или химическим составом.

При маркировке по механическим свойствам (например, сталь марки TSt37.7) символ St означает, что сталь углеродистая, выплавленная в конвертере с основной футеровкой (символ Т) имеет предел прочности не менее 37 кГ/мм², цифра 7 в конце марки, — индекс, которому соответствует определенный комплекс гарантированных механических свойств по соответствующему стандарту.

При маркировке по химическому составу одна из сталей для котельных барабанов обозначается 15СгМо9.4. Число 15 — среднее содержание углерода в сотых долях процента. Каждый легирующий элемент, входящий в состав стали, обозначается своим химическим символом. Сталь содержит около 2,2% хрома и 0,4% молибдена. Цифра 9 — индекс, определяющий содержание хрома, а цифра 4 — содержание молибдена. Порядок расположения индексов соответствует порядку расположения химических символов. Индексы не тождественны процентному содержанию элемента: они могут совпадать, но это не обязательно.

В начале марки высоколегированной стали помещают символ X. Например, X 15CrNiSi .25.20 — высоколегированная сталь, содержащая хром, никель и кремний. Цифры 25 и 20 — индексы содержания хрома и никеля, которые в данном частном случае совпадают со средним содержанием этих элементов в стали (в процентах). Содержание кремния, не обозначенное в марке, составляет около 2%.

В США используется цифровая маркировка по системе Американского института железа и стали (AISI). Марки стали получаются короткими, но они не позволяют непосредственно определить ни химического состава стали, ни ее механические свойства.

Аустенитные стали, содержащие в основном хром, никель и марганец, относятся к серии AISI200. Аустенитные стали, содержащие в основном хром и никель, — к серии AISI300. Ферритные хромистые стали с 12—17% хрома образуют серию AISI400. Например, распространенная сталь 304 соответствует нашей стали 0X18H10. Перлитные стали имеют четырехзначное цифровое обозначение. Например, нашей стали 15XM соответствует сталь 4130.

Тема: Устройство литниковых систем и прибылей

Назначение прибылей

У сталей общая объемная усадка (в жидком состоянии и при затвердевании) в зависимости от химического состава достигает 4—7 %. При производстве отливок она проявляется в виде усадочных раковин и усадочных пор. Чем крупнее отливка и больше ее толщина, тем больших размеров формируется усадочная раковина, а также протяженнее становится зона усадочной пористости. В стальных отливках усадочные раковины не допускаются. А усадочная пористость частично может допускаться, но это зависит от уровня требований, предъявляемых к отливкам: чем эти требования выше, тем ниже допустимая пористость. Поэтому для получения качественных по усадочным дефектам отливок необходимо, как правило, компенсировать объемную усадку стали. Исключение составляют мелкие отливки с одинаковой небольшой толщиной стенок, у которых усадочные раковины вследствие малости размеров трансформируются в усадочные поры.

Процесс компенсации объемной усадки сплава при литье называют питанием отливки. Источником питания служит прибель. Прибель это элемент литниковой системы для питания отливок в период затвердевания с целью предупреждения образования усадочных раковин. При заливке формы металлом в прибели происходит накопление жидкого металла, идущего на компенсацию объемной усадки затвердевающей отливки. После формирования

отливки прибыль отделяют от нее, как и всю литниковую систему, и утилизируют.

Для эффективной работы прибыли необходимо обеспечивать направленность затвердевания металла в полости формы от торцевых частей или периферийных областей к внутренним, от тонких стенок к толстым, а от самой толстой части отливки к прибыли. При наличии протяженных стенок одинаковой толщины направленность затвердевания создают утолщением стенки в направлении к прибыли. Этому же способствует интенсивное охлаждение периферийных областей и замедленное около прибыльных областей.

Часть отливки, затвердевающую в последнюю очередь, называют тепловым, центром. Он требует питания от прибыли. При этом количество прибылей обычно равно числу тепловых центров. Требуют питания и отливки, имеющие толстые протяженные стенки одинакового сечения, хотя они не имеют явных тепловых центров. В зависимости от размеров таких стенок и их расположения в форме для питания используют одну и более прибылей. При этом каждая прибыль действует автономно и имеет свою зону питания. В отливках с сочленениями стенок разной толщины части отливки с большей толщиной стенок могут выполнять функции прибыли. В этом случае для них общим тепловым центром становится часть отливки с максимальной толщиной стенок.

Для полноценного обеспечения питания отливки, снижения расхода металла, а также для удобства выполнения технологических операций при формовке и финишной обработке отливок прибыли должны отвечать следующим требованиям.

1. Металл в прибыли всегда должен затвердевать позже, чем в тепловом центре зоны питания.
2. Количество жидкого металла в прибыли должно быть достаточно для полной компенсации объемной усадки металла отливки или ее питаемой части.
3. Уровень металла в прибыли всегда должен быть выше уровня металла в питаемом узле.
4. Геометрия прибыли, ее расположение в форме и сочленение с отливкой должны быть технологичными, т. е. обеспечивать удобство формовки, а также легкость отделения прибыльной части от отливки.
5. Прибыль должна быть экономичной, т. е. расход металла на питание отливки должен быть минимальным.

Классификация прибылей

По последовательности заполнения жидкого металла различают прибыли проливные (проточные) и сливные

Проливные прибыли размещают перед отливкой. Жидкий металл в такие прибыли поступает непосредственно от литниковой системы, а в полость отливки он попадает уже из

прибыли. Вследствие этого к моменту полного заполнения формы температура жидкой стали в прибыли выше, чем в отливке.

Сливные прибыли в отличие от проливных размещают за отливкой. В этом случае жидкий металл из литниковой системы сначала попадает в полость отливки, а из нее уже в прибыль. Соответственно в прибыли металл имеет более низкую температуру, чем в отливке.

По связи с атмосферой различают прибыли открытые и закрытые.

Открытые прибыли не имеют с верхней стороны стенки формы, поэтому поверхность металла в них непосредственно контактирует с атмосферой.

Закрытые прибыли имеют верхнюю стенку, выполненную литейной формой. Поэтому такие прибыли не имеют непосредственного контакта с атмосферой.

С теплотехнической позиции открытые прибыли в стальном литее менее экономичны, так как у них через открытую верхнюю поверхность теплоизлучением теряется почти в три раза больше тепла, чем через равновеликую верхнюю поверхность закрытой прибыли. Но открытые при были всегда осуществляют питание отливок под действием атмосферного давления. Последнее эквивалентно действию статического напора жидкой стали высотой 1400—1500 мм. Поэтому открытые прибыли обеспечивают весьма эффективное питание отливок.

В закрытых прибылях действие атмосферного давления прекращается после формирования на поверхности прибыли прочной твердой корки затвердевшего металла. В последующем в полости таких прибылей создается разрежение. При этом движущая сила питания ослабевает и эффективность питания отливки снижается. Поэтому, учитывая теплотехнические преимущества закрытых прибылей, стремятся придать им преимущества открытых прибылей или даже усилить их. В зависимости от применяемого для этой цели технологического приема закрытые прибыли дополнительно подразделяют на прибыли, работающие под атмосферным, газовым и воздушным давлением.

Закрытые прибыли, работающие под атмосферным давлением, имеют тонкий газопроницаемый стержень, вставленный в полость прибыли через боковую или верхнюю стенку. Торец такого стержня быстро прогревается и металл на нем не затвердевает, а газопроницаемость стержня обеспечивает необходимое сообщение с атмосферой. По этому такая прибыль обладает преимуществами как открытой, так и закрытой прибыли. Роль газопроницаемого стержня может выполнять и конусный выступ (болван), размещенный на верхней поверхности прибыли. Этот вариант более технологичен и менее трудоемок при формовке.

Закрытые прибыли, работающие под газовым давлением, имеют вместо газопроницаемого

стержня газотворный патрон . В патроне в качестве заряда содержится смесь мела и кокса (угля). Углекислый кальций мела под действием тепла жидкой стали разлагается с выделением диоксида углерода CO_2 . Последний в свою очередь взаимодействует с углеродом кокса с образованием монооксида углерода CO . Выделяющиеся и образующиеся газы при температурах свыше 900°C создают в полости прибыли сверхатмосферное давление. Это способствует увеличению движущей силы питания и повышению его эффективности.

Закрытые прибыли, работающие под воздушным давлением, имеют помещенную в полость прибыли керамическую вставку с отверстиями. Вставка через стальную трубку и гибкий шланг соединена с воздушным компрессором. После формирования прочной корки на поверхности прибыли включают компрессор и в полости прибыли создают воздушное давление, которое в 4—6 раз превышает атмосферное.

По расположению относительно питаемого узла различают прибыли прямого действия и отводные.

Прибыли прямого действия непосредственно сочленены с тепловыми узлами отливок и их размещают над ними. Поэтому их еще называют верхними.

Прибыли отводные сочленены с тепловыми узлами отливок через горизонтальные или наклонные шейки и их размещают сбоку тепловых центров. Поэтому их еще называют боковыми.

Прибыли прямого действия более эффективны, чем отводные, так как в них при одинаковой высоте прибыли обеспечивается больший металлостатический напор.

По условиям охлаждения прибыли относительно отливки различают прибыли обычные, теплоизолированные и обогреваемые.

Обычные (равноохлаждаемые) прибыли выполняют такой же формы, как и отливки — из одинакового формовочного материала. Поэтому внешние условия охлаждения в них металла идентичны.

Теплоизолированные прибыли формируют из менее теплопроводного материала, чем отливки для этого используют предварительно изготовленные оболочковые стержни-вкладыши 3 из специальной смеси с низкой теплоаккумулирующей способностью.

Обогреваемые прибыли имеют внешний источник тепла. Их обогревают теплотой экзотермической реакции, электрическим током или газом. В первом случае, как и в теплоизолированной прибыли, используют оболочковые стержни-вкладыши 4, но изготовленные из экзотермической смеси. Основными тепловыделяющими компонентами такой смеси являются алюминиевый порошок, окислитель (железная руда или окалина) и

наполнитель (шамотный порошок). Под действием теплоты жидкой стали вкладыши нагреваются, а затем компоненты экзотермической смеси вступают во взаимную реакцию с выделением большого количества тепла. Поэтому охлаждение металла в прибыли или тормозится, или вовсе блокируется. Это позволяет в 2—4 раза уменьшить расход металла на прибыли.

Обычные прибыли при наличии открытой верхней поверхности так же могут функционировать как частично теплоизолированные или частично обогреваемые. Для этого поверхность расплава в открытой поверхности прибыли присыпают соответственно теплоизолирующим материалом или экзотермической смесью.

По геометрической форме прибыли классифицируют на цилиндрические, шаровые, призматические и комбинированные.

Шаровые прибыли с теплотехнической позиции наименее эффективны. Кроме того, они нетехнологичны при формовке, так как имеют цилиндрическую шейку меньшего диаметра по сравнению с шаром. Это создает дополнительные проблемы извлечения модели прибыли при горизонтальной поверхности разъема формы. Хотя этот недостаток в некоторых случаях (при использовании выжигаемых или выплавляемых моделей, при вертикальном разъеме формы) устраняется, но ввиду изложенного выше диаметр шейки увеличивают до диаметра шара, трансформируя нижнюю часть шаровой прибыли в цилиндрическую.

Цилиндрические прибыли технологичны при формовке и вполне экономичны. Поэтому их используют наиболее часто. Для удобства формовки такие прибыли имеют прямой или обратный уклон. При большом уклоне они трансформируются в конические прибыли.

Призматические прибыли применяют весьма часто. Сечения таких прибылей определяются конфигурацией места их установки, т. е. термического узла. Они могут быть прямоугольными, овальными, чечевицеобразными, кольцевыми и сложно фигурными.

Комбинированные прибыли сочетают в себе геометрические характеристики перечисленных выше прибылей. Наиболее типичными примерами являются цилиндро-шаровые прибыли, у которых нижняя часть имеет цилиндрическую форму, а верхняя представляет собой полушар (рис. д), или цилиндро-призматические прибыли, у которых нижняя часть выполнена в виде горизонтальной призмы, а верхняя — в виде горизонтального полуцилиндра

По способу отделения от отливки прибыли классифицируют на легкоотделяемые и отрезные.

Легкоотделяемые прибыли имеют тонкую шейку (рис. а). Наличие тонкой шейки позволяет значительно сократить трудоемкость отделения прибыли от отливки. Небольшие прибыли отделяются при несильном ударе. Поэтому их еще называют отбивными. Для формирования тонкой шейки используют специальные разделительные стержни - диафрагмы.

Отрезные прибыли не имеют тонкой шейки. Для их отделения от отливок применяют разнообразные способы и инструменты. Большинство рассмотренных выше прибылей относятся к отрезным.

По числу питаемых узлов прибыли классифицируют на индивидуальные и групповые.

Индивидуальные прибыли питают одну отливку или часть отливки.

Групповые прибыли имеют несколько питаемых узлов. При одновременном питании нескольких (группы) узлов из одной прибыли объем ее намного меньше суммарного объема индивидуальных прибылей, обеспечивающих эквивалентное питание. Поэтому групповые прибыли более экономичны, чем индивидуальные.

Расчет прибылей

Выбор типа и конструкции прибылей

На отливках, как правило, устанавливают прибыли прямого действия. При этом предпочтительнее закрытые прибыли, работающие под атмосферным давлением. Прибыли прямого действия при прочих равных условиях питают отливку под наибольшим металлостатическим напором. Закрытые прибыли более технологичны при формовке и имеют меньшие потери тепла через верхнюю поверхность, чем открытые.

Такие прибыли всегда заполнены жидким металлом одинаково, независимо от условий заливки. А использование атмосферного давления в работе прибыли является наиболее дешевым и эффективным способом увеличения движущей силы питания.

Открытые прибыли необходимо применять при изготовлении крупных отливок, когда предусматривается доливка жидкого металла в прибыль после заполнения формы или засыпка поверхности расплава в прибыль экзотермическими смесями. Кроме того, такие прибыли используют при недостаточной высоте опоки.

Отводные прибыли следует применять в случае, если установка верхних прибылей прямого действия на питаемых частях отливок невозможна или усложняет их механическую обработку. Они предпочтительнее в качестве групповых, когда одна отводная прибыль обеспечивает питание нескольких отливок или тепловых центров.

Прибыли, работающие под газовым давлением, применяют при изготовлении мелких и средних отливок, подвергаемых гидравлическим испытаниям. Их также используют при необходимости питания отливок со стенками большой протяженности, поскольку

обеспечивают увеличение дистанции действия прибыли в 1,5 раза.

Прибыли, работающие под воздушным давлением, применяют при изготовлении крупных ответственных отливок, к которым предъявляются повышенные требования по механическим свойствам и плотности. Действие избыточного воздушного давления обеспечивает увеличение дистанции действия прибыли в 2 раза и позволяет получать отливки с минимальной пористостью.

Легкоотделяемые прибыли применяют при изготовлении отливок из высоколегированных сталей, плохо поддающихся огневой резке. Их так же применяют при вынужденной установке прибылей на необрабатываемых поверхностях отливок.

Обогреваемые и теплоизолированные прибыли рекомендуется применять при большом расходе металла на питание отливок и обусловленном этим низким выходе годного литья. Их применение экономически выгодно при производстве отливок из легированных сталей. За счет использования вкладышей из экзотермических смесей удается снизить расход металла на прибыли в 2—4 раза и увеличить технологический выход годного при стальном литье с 50—65 до 75—85 %. Прибыли диаметром до 400 мм рациональнее выполнять обогреваемыми, а больших размеров — теплоизолированными.

Самой выгодной формой прибыли (по Б. Б. Гуляеву) является цилиндрическая. Поэтому такие прибыли используют чаще всего, устанавливая на отливках типа шара, цилиндра (расположенного вертикально), плиты (расположенной горизонтально), колеса, диска. При этом открытые прибыли выполняют с сужением профиля к поверхности разъема, а закрытые имеют обратную конусность.

Широкое применение получили также призматические прибыли. Прибыли в виде плоской призмы устанавливают на отливки типа плиты (расположенной вертикально), бруса и арматуры (на фланцах). Прибыли в виде квадратной призмы размещают на отливках, имеющих конфигурацию куба. Прибыли в виде овальной призмы выполняют на отливках типа плиты (расположенной горизонтально) и бруса. Прибыли в виде чечевицеобразной или кольцевой призмы устанавливают соответственно на отливках типа колес или полых цилиндров (расположенных вертикально). Закрытые прибыли, как правило, выполняют не с плоской, а с закругленной верхней поверхностью. При этом цилиндрические и призматические прибыли трансформируются соответственно в цилиндро-шаровые и призмо-цилиндрические.

Выбор места установки и определение количества прибылей

Прибыли, по возможности, устанавливают на верхних торцевых поверхностях отливок. Но нежелательно их размещение на необрабатываемых поверхностях. В последнем случае

прибыль сочленяют с отливкой через ее боковую стенку.

При наличии у отливки явных тепловых центров последние и служат местами установки прибылей. Причем количество устанавливаемых прибылей совпадает с количеством тепловых центров. Число их может быть сокращено за счет выполнения технологических напусков и применения холодильников.

Отливки типа плит, брусьев, колес и втулок не имеют явных тепловых центров. Количество прибылей в таких случаях определяют, исходя из минимально необходимого их количества с учетом дистанции действия прибыли, влияния на нее торцевого эффекта, технологического напуска и холодильника.

Для примера определим количество прибылей, необходимых для обеспечения качественного питания отливки «шайба» с наружным и внутренним диаметрами соответственно 1000 и 800 мм и высотой $S_o = 150$ мм (см. рис. 7.6). Если развернуть шайбу, то получим брус сечением 200 x 150 мм. Поэтому дистанцию действия прибыли находим как для бруса $D_{пр} = 30\sqrt{S_o} = 30\sqrt{150} = 365$ мм. Периметр по оси шайбы составляет $P = \pi D_o = 3,14(1000 + 800) / 2 = 2825$ мм. Прибыль на отливке устанавливаем на верхней ее торцевой поверхности. Рекомендуемая форма прибыли для отливок типа бруса — призма. При этом в соответствии с геометрией отливки прибыль должна иметь чечевицеобразное сечение.

Каждая такая прибыль имеет с обеих торцевых поверхностей зону питания, протяженностью равную двум дистанциям действия, т. е. $2 * 365 = 730$ мм. Если на отливку установить одну прибыль, то длина ее, чтобы обеспечить достаточные условия питания, должна составить $L_{пр} = 2825 - 730 = 2095$ мм. Длина прибыли получилась сопоставимой с периметром отливки. Хотя отливка при этом не будет иметь усадочных дефектов, прибыль является крайне неэкономичной. При установке двух прибылей протяженность зоны питания увеличивается вдвое и длина прибыли должна составить не менее $L_{пр} = (2825 - 2 * 730) / 2 = 683$ мм. Такая прибыль также неэкономична, так как длина ее все еще намного превышает толщину отливки.

При установке четырех прибылей аналогичный расчет дает отрицательное значение длины прибыли ($L_{пр} = -24$), что свидетельствует о неадекватности такого решения. Если же на отливку установить три прибыли, то минимальная длина каждой из них $L_{пр} = (2825 - 3 * 730) / 3 = 212$ мм. Это сопоставимо с толщиной отливки. Поэтому решение об установке на отливке трех прибылей является наиболее оптимальным. В соответствии с этим вся отливка делится на три одинаковые зоны питания по количеству прибылей. В общем случае зоны питания могут быть неодинаковыми, следовательно, и

размеры прибылей будут разными. Минимально необходимый объем прибыли и конкретные размеры отдельной прибыли определяют уже с учетом ее зоны питания.

Определение объема и размеров прибылей

Для определения объема прибылей чаще всего используют метод Намюра—Шкленника, позволяющий рассчитать объем прибыли практически для любых условий питания отливок:

$$V_{\text{пр}} = m \xi R_{\text{э.т.у}}^3 (1 + \beta)^3 YZ + 3\beta V_{\text{пит}}, \quad (36)$$

где m - коэффициент неидентичности температуры металла в отливке и прибыли к моменту завершения заполнения литейной формы; $R_{\text{э.т.у}}$ - эффективная приведенная толщина теплового узла отливки, м; Y - коэффициент неидентичности конфигурации прибыли и отливки; Z - коэффициент неидентичности условий охлаждения металла в прибыли и отливке; β - безразмерный коэффициент конфигурации прибыли.

Я. И. Шкленник подробно разработал методики определения параметров, входящих в формулу (7.1), в том числе для безразмерных коэффициентов m , β , Y , Z , а также параметров $R_{\text{э.т.у}}$ и $V_{\text{пит}}$.

- Коэффициент m зависит от типа прибыли (проливные и сливные) и от удаленности прибыли от места подвода металла к отливке. При идентичности (одинаковости) температуры металла в отливке и прибыли $m = 1$. В проливных прибылях к моменту окончания заполнения полости литейной формы расплав всегда более разогрет, чем металл отливки, поэтому $m < 1$. С учетом того, что такие прибыли имеют короткую шейку сочленения со стенкой отливки, значение коэффициента m постоянно и $m = 0,9$. Сливные прибыли, наоборот, заполняются более охлажденным расплавом, чем полости отливок, поэтому $m > 1$. При этом, чем удаленнее прибыль от питателя, тем сильнее это различие. Степень удаленности оценивают по отношению расстояния между прибылью и ближайшим питателем $L_{\text{пр-пит}}$ к толщине отливки δ_0 :

$L_{\text{пр-пит}}/\delta_0$	< 2	2—5	5—10	10—20	20—30	30—40
m	1,0	1,03	1,05	1,10	1,15	1,20

- Коэффициент конфигурации прибыли (безразмерный параметр) рассчитывают по объему $V_{\text{пр}}$ и эффективной поверхности ее охлаждения $F_{\text{пр.эф}}$:

$$\xi = (F_{\text{пр.эф}})^3 / (V_{\text{пр}})^2.$$

При этом все размеры прибыли выражают через диаметр или ширину ее основания $D_{\text{пр}}$, используя рекомендуемые для стального литья отношения высоты прибыли к диаметру ее

основания $H_{\text{пр}}/D_{\text{пр}}$:

для закрытых прибылей $H_{\text{пр}}/D_{\text{пр}} = 1,20 \dots 1,25$;

для открытых прибылей $= 1,8 \dots 2,0$.

При количественной оценке эффективной поверхности охлаждения прибыли из расчета исключают площадь ее стыка с отливкой. При этом ее эффективная площадь $F_{\text{эф}}$ связана с геометрической площадью F_r соотношением:

$$F_{\text{пр.эф}} = F_r K_n, \quad (37)$$

где K_n — коэффициент интенсивности тепловых потерь излучением, величина которого для стали равна 3.

С учетом изложенного для закрытой цилиндрической прибыли при $H_{\text{пр}} = 1,25D_{\text{пр}}$ имеем:

$$\xi = [\pi D_{\text{пр}} \cdot 1,25D_{\text{пр}} + (\pi D_{\text{пр}}^2/4)]^3 / [(\pi D_{\text{пр}}^2/4) \cdot 1,25D_{\text{пр}}]^2 = 108.$$

Для открытой цилиндрической прибыли при $K_n = 3$ и $H_{\text{пр}} = 2D$ имеем:

$$\xi = [\pi D_{\text{пр}} \cdot 2,0D_{\text{пр}} + K_n(\pi D_{\text{пр}}^2/4)]^3 / [(\pi D_{\text{пр}}^2/4) \cdot 2,0D_{\text{пр}}]^2 = 260.$$

• Эффективная приведенная толщина теплового узла отливки

$$R_{\text{э.т.у}} = V_{\text{т.у}} / F_{\text{э.т.у}}, \quad (38)$$

где $V_{\text{т.у.}}$ — объем металла в тепловом узле, м^3 ; $F_{\text{э.т.у.}}$ — эффективная поверхность охлаждения теплового узла без учета площади стыка массивной части с остальными частями отливки и площади стыка отливки с прибылью, м^2

• Коэффициент неидентичности конфигураций отливки и прибыли Y представляет собой безразмерный коэффициент, учитывающий различные варианты сочетания конфигураций отливки и прибыли и позволяющий численно оценить разновременность их затвердевания при равно-великих приведенных размерах. Так, если продолжительность затвердевания отливки в виде шара принять за единицу, то отливки различной конфигурации при таком же приведенном размере будут иметь следующую относительную продолжительность затвердевания $\tau_{\text{отн}}$:

Коэффициент Y представляет собой отношение значений относительной продолжительности затвердевания для конфигурации термического узла и прибыли:

$$Y = \tau_{\text{отн.т.у.}} / \tau_{\text{отн.пр.}}$$

Так, если отливка типа плиты питается цилиндрической прибылью, то $Y = 1,54/0,95 = 1,62$.

Для случая питания цилиндрической отливки такой же прибылью $Y = 1,00/0,95 = 1,05$.

Коэффициент неидентичности условий охлаждения металла в прибыли и отливке Z учитывает различие в интенсивности отвода теплоты с поверхностей раздела прибыль—форма и отливка—форма и численно равен:

$$Z = q_{\text{пр}}/q_o, \quad (39)$$

где $q_{\text{пр}}$ и q_o - удельные тепловые потоки через границы раздела прибыль—форма и отливка—форма соответственно, Дж/(м² *с).

При литье в песчаные формы отношение тепловых потоков можно заменить отношением коэффициентов теплоаккумулирующей способности формовочных смесей, из которых выполнены стенки формы для прибыли и отливки:

$$Z = b_{\text{ф.пр}}/b_{\text{ф.о}}. \quad (40)$$

При изготовлении всей формы из единой смеси $b_{\text{ф.пр}}=b_{\text{ф.о}}$ и $Z=1$

В случае оформления полости прибыли теплоизолирующими вкладышами $b_{\text{ф.пр}} < b_{\text{ф.о}}$ и $Z <$

1. Так, вкладыши из теплоизолирующих смесей с асбестовой крошкой или древесной стружкой обеспечивают снижение $b_{\text{ф}}$ до 940 Вт*с^{1/2}/(м² К). При этом, если форма изготовлена из песчано-глинистой смеси с коэффициентом $b_{\text{ф}} = 1600$ Вт*с^{1/2}/(м² К), то $Z = 940/1600 = 0,60$. Если же форма изготовлена из хромомagneзитовой смеси с $b_{\text{ф}}=3700$ Вт*с^{1/2}/(м² К), то $Z = 940/3700 = 0,25$.

При использовании для тех же целей экзотермических вкладышей из-за их разогрева после начала воспламенения экзотермической смеси теплоты от металла в прибыли отводится все меньше и меньше, т. е.

$q_{\text{пр}} \rightarrow 0$ и $Z \rightarrow 0$.. В предельном варианте $V_{\text{пр}} = 3 \cdot V_{\text{пит}}$. Это означает, что практически весь расплав из прибыли (почти 2/3 его объема) уйдет на компенсацию усадки исходного металла в полости отливки и прибыли. Но в этом случае существенно уменьшается металлостатический напор и питание отливки становится недостаточным. Кроме того, с увеличением диаметра прибыли роль экзотермического вкладыша ослабевает и при диаметре прибыли свыше 400 мм экзотермические прибыли по эффективности приближаются к теплоизолированным. С учетом изложенного для гарантии качественного питания отливок принимают $Z = 0,20 \dots 0,50$. При этом нижнее и верхнее значения Z необходимо применять при расчетах соответственно небольших и крупных прибылей. С учетом того, что рабочую поверхность кокиля покрывают тонкой краской, а поверхность прибыльной части более толстой и менее теплопроводной краской, имеем:

$$Z = (X_{\text{кр.о}}/\lambda_{\text{кр.о}} + X_{\text{к.о}}/\lambda_{\text{к.о}})/(X_{\text{кр.пр}}/\lambda_{\text{кр.пр}} + X_{\text{к.пр}}/\lambda_{\text{к.пр}}), \quad (41)$$

где $X_{\text{кр.о}}$ и $X_{\text{к.о}}$ — толщина краски на рабочей поверхности и толщина стенки основной части кокиля соответственно, м; $X_{\text{кр.пр}}$ и $X_{\text{к.пр}}$ - толщина краски и толщина стенки в прибыльной части кокиля соответственно, м; $\lambda_{\text{кр.о}}$ и $\lambda_{\text{кр.пр}}$ - теплопроводности красок для рабочей и прибыльной поверхностей кокиля соответственно, Вт/(м*с); $\lambda_{\text{к.о}}$ и $\lambda_{\text{к.пр}}$ — теплопроводности материалов кокиля для его основной и прибыльной частей

соответственно, Вт/(м с).

Толстые слои краски плохо удерживаются на поверхности кокиля, поэтому возможности уменьшения Z за счет увеличения толщины краски ограничены. Вследствие этого в кокильном литье полость прибыли часто выполняют при помощи песчаных стержней. При этом принимают $Z = 1/3$, поскольку в песчаных формах стальные отливки затвердевают примерно в три раза медленнее, чем в металлических.

Объем металла, питаемого прибылью $V_{\text{пит}}$ равен объему всей зоны питания от данной прибыли. Масса этого объема металла равна массе питаемой части отливки, которая в свою очередь имеет объем $V_{\text{п.ч.о}}$. По этому значению определяемое по чертежу отливки, связано с величиной $V_{\text{пит}}$ следующим соотношением:

$$V_{\text{пит}} = M_{\text{п.ч.о}}/\rho_{\text{ж}} = V_{\text{п.ч.о}}\rho_{\text{т}}/\rho_{\text{ж}} \approx V_{\text{п.ч.о}}(1 + 3\epsilon_{\text{л}}), \quad (42)$$

где $M_{\text{п.ч.о}}$ - масса питаемой части отливки, кг; $\rho_{\text{т}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ - плотность металла в твердом и жидком состояниях, кг/м³; $\epsilon_{\text{л}}$ - коэффициент линейной усадки отливки.

Рассчитав объем прибыли $V_{\text{пр}}$ с учетом принятых соотношений между диаметром $D_{\text{пр}}$ и высотой $H_{\text{пр}}$ прибыли, определяют их размеры.

Для закрытых цилиндрических прибылей при $H_{\text{пр}} = 1,25D_{\text{пр}}$ диаметр прибыли связан с его объемом соотношением:

$$V_{\text{пр}} = (\pi D_{\text{пр}}^2/4)H_{\text{пр}} = (3,14D_{\text{пр}}^2/4) \cdot 1,25D_{\text{пр}} = 0,98D_{\text{пр}}^3.$$

Отсюда находим:

$$D_{\text{пр}} = 1,01(V_{\text{пр}})^{1/3}; \\ H_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 1,01(V_{\text{пр}})^{1/3}.$$

Для открытых цилиндрических прибылей при $H_{\text{пр}} = 2,0D_{\text{пр}}$ соответственно имеем:

$$V_{\text{пр}} = (\pi D_{\text{пр}}^2/4)H_{\text{пр}} = (3,14D_{\text{пр}}^2/4) \cdot 2,0D_{\text{пр}} = 1,57D_{\text{пр}}^3; \\ D_{\text{пр}} = 0,86(V_{\text{пр}})^{1/3}; \\ H_{\text{пр}} = 2,0 \cdot 0,86(V_{\text{пр}})^{1/3}.$$

Для боковых закрытых цилиндрических прибылей принимают большее значение отношения высоты к диаметру: $H_{\text{пр}} = 1,5D_{\text{пр}}$ (обусловлено это тем, что боковые прибыли охлаждаются и с донной части). В данном случае имеем:

$$V_{\text{пр}} = (\pi D_{\text{пр}}^2/4)H_{\text{пр}} = (3,14D_{\text{пр}}^2/4) \cdot 1,5D_{\text{пр}} = 1,18D_{\text{пр}}^3; \\ D_{\text{пр}} = 0,95(V_{\text{пр}})^{1/3}; \\ H_{\text{пр}} = 1,5 \cdot 0,95(V_{\text{пр}})^{1/3}.$$

При этом в соответствии с условиями приведенный размер шейки боковой прибыли $R_{\text{ш}}$ и ее диаметр $D_{\text{ш}}$, рассчитывают по соотношениям:

$$R_{\text{ш}} = 1,05 R_{\text{э.т.у}}; \\ D_{\text{ш}} = 4,2 R_{\text{э.т.у}},$$

а длину шейки находят по эмпирической формуле: $L_{ш} = 0,2D_{пр}$.

При стыковке боковой прибыли с питаемой частью отливки необходимо разместить ее по высоте так, чтобы дно боковой прибыли было ниже дна шейки на величину $h_{пр} = (0,10...0,12)D_{пр}$.

Для призматических прибылей ширина прибыли $D_{пр}$ равна толщине отливки в месте их стыка ?о.ст. Последняя может быть равна номинальной толщине отливки (по чертежу) или больше нее на величину технологического напуска. Объем призматической прибыли равен произведению ее ширины $D_{пр}$, высоты $H_{пр}$ и длины $L_{пр}$ т. е. $V_{пр} = D_{пр}H_{пр}L_{пр}$ Отсюда с учетом принятых соотношений между высотой и толщиной прибыли находим:

для закрытой прибыли

$$D_{пр} = \delta_{о, ст}; H_{пр} = 1,25\delta_{о, ст}; L_{пр} = V_{пит}/(1,25\delta_{о, ст}^2);$$

для открытых прибылей

$$D_{пр} = \delta_{о, ст}; H_{пр} = 2,0\delta_{о, ст}; L_{пр} = V_{пит}/(2,0\delta_{о, ст}^2).$$

Литниковые системы

Назначение литниковой системы и ее элементов

Литниковая система - это система каналов и элементов литейной формы для подвода расплавленного металла в полость формы, обеспечения ее заполнения и питания отливки при затвердевании. В стальном литье применяют литниковую систему, состоящую в простейшем варианте из следующих элементов: литниковой воронки 1, стояка 2, зумпфа 3, литникового хода 4, питателя 5 и прибыли 7. В более сложных вариантах она может включать также обратный стояк 8, щелевой питатель 9 и выпор 10.

Литниковая воронка предназначена для приемки расплавленного металла из литейного ковша и направления его в стояк. Она имеет форму усеченного конуса с большим «основанием» наверху.

Стояк представляет собой вертикальный или наклонный канал для подачи расплавленного металла из литниковой воронки к другим элементам литниковой системы или непосредственно в полость формы.

Литниковый ход — это горизонтальный распределительный канал, предназначенный для подачи расплавленного металла из стояка к питателям. При разливке расплава по формам из поворотных ковшей литниковый ход кроме распределительной функции должен выполнять также роль шлакоуловителя.

Зумпф - это углубление под стояком, предназначенное для ослабления размывающего воздействия на форму падающей струи жидкого металла в начале заполнения стояка.

Питатель представляет собой канал для подвода расплавленного металла от литникового

хода до полости литейной формы.

Выпор — это канал для вывода газов из формы и контроля заполнения ее расплавленным металлом. Его выполняют над верхней точкой полости отливки при отсутствии над ней прибыли, а также над закрытыми прибылями.

Прибыль как элемент литниковой системы рассмотрен в разделе 7.1.

Литниковая система дополнительно может содержать фильтр для очистки расплава от шлаковых и песчаных частиц, а также неметаллических включений. Фильтр представляет собой вставку из огнеупорного материала в виде сетки, слоя гранул, стержня с тонкими каналами или керамики со сквозными макропорами. Он обеспечивает грубую или тонкую очистку расплава в зависимости от размера фильтрующих каналов. Кроме того, фильтры оказывают дополнительное гидравлическое сопротивление и позволяют уменьшать скорость течения расплавленного металла по каналам литниковой системы.

Требования к литниковым системам

К литниковой системе предъявляют ряд требований, обусловленных необходимостью получения качественных отливок при наименьших затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов.

Литниковая система должна:

- 1) обеспечивать быстрое, но спокойное заполнение формы. Быстрое заполнение необходимо для обеспечения полноты заполнения формы. Медленное заполнение может быть причиной формирования в отливках таких дефектов, как недолив, неслитина и спай (из-за начала затвердевания расплава до полного заполнения формы), а также ужимины (в результате длительного воздействия теплового излучения жидкой стали на верхние стенки формы). Неспокойное заполнение формы также нежелательно, так как является причиной повышенной дефектности отливок по пленам и газовым раковинам (из-за захвата воздуха потоком жидкой стали) и засорам (из-за размыва стенок формы и стержня струей жидкого металла);
- 2) быть экономичной по расходу металла. В стальном литье на литниковую систему расходуется до 40—60 % заливаемого в литейную форму жидкого металла. Поэтому снижение расхода металла на литниковую систему является важным фактором уменьшения затрат на изготовление отливок;
- 3) быть технологичной, т. е. простой по конструкции, удобной для формовки, компактной (занимать мало места в форме) и легко отделяться от отливки;
- 4) обеспечивать очистку жидкого металла от шлаковых и песчаных частиц, а также неметаллических включений. При необходимости предотвращения попадания в отливку

песчаных и шлаковых частиц литниковый ход выполняют как шлакоуловитель. А при необходимости обеспечения более высокой степени очистки жидкой стали применяют фильтры, которые устанавливают на стыке стояка с литниковым ходом или на стыках литникового хода с питателями;

5) способствовать последовательному затвердеванию различных частей отливки по направлению к прибыли. Для этого подвод металла к отливке осуществляют к массивной ее части и подальше от места размещения холодильников;

6) способствовать рассредоточению термических напряжений и не затруднять линейную усадку отливки. В противном случае концентрация внутренних напряжений может привести к образованию в отливках трещин;

7) обеспечивать удаление газов из стержней. Для этого она, прежде всего, не должна перекрывать вентиляционный канал в знаковой части стержня. В противном случае отливки будут поражены дефектами в виде газовых раковин.

Совокупность требований, обязательных для выполнения, определяется конструкцией отливок, а также уровнем и перечнем предъявляемых к ним требований. Отливки, к которым не предъявляют высоких требований, получают с выполнением минимального их количества. Соответственно отливки, к которым предъявляют повышенные требования, получают с выполнением максимального их количества. Так, выполнение трех первых требований актуально при изготовлении любых стальных отливок. Если к отливке предъявляются повышенные требования по загрязненности неметаллическими включениями, то к первым трем обязательно добавляется четвертое требование. Пятое требование необходимо выполнять во всех случаях изготовления отливок, когда в них возможно образование усадочных раковин и не допускаются усадочная пористость и рыхлота. Если отливка склонна к образованию трещин, то актуальным становится выполнение шестого требования.

Классификация литниковых систем

По гидродинамическому признаку различают литниковые системы сужающиеся, расширяющиеся и равного сечения.

В сужающихся литниковых системах суммарные площади сечения элементов последовательно уменьшаются от стояка к литниковому ходу и питателю, т. е.

$$\sum F_{\text{ст}} > \sum F_{\text{лх}} > \sum F_{\text{пит}}$$

В таких литниковых системах все каналы полностью заполнены расплавом. Это создает благоприятные возможности для всплывания шлаковых и песчаных частиц в горизонтальных каналах литниковой системы. Однако при сужении

каналов скорость потока расплава возрастает и это создает трудности обеспечения спокойного заполнения формы. Применение раструбных (расширяющихся к выходному сечению) питателей позволяет устранить этот недостаток, сохраняя достоинства сужающихся литниковых систем. Такие литниковые системы в стальном лите применяют при изготовлении мелкого и частично среднего литья, когда заливку форм осуществляют из поворотных ковшей.

В расширяющихся литниковых системах суммарные площади сечения их элементов последовательно увеличиваются от стояка к литниковому ходу и питателю, т. е.

$$\sum F_{\text{ст}} < \sum F_{\text{лх}} < \sum F_{\text{пит}}$$

В таких литниковых системах скорость потока расплава в каналах постепенно снижается, и жидкий металл поступает в полость формы спокойно, без разбрызгивания. При разливе стали из стопорных ковшей, когда струя расплава попадает в форму с большой скоростью, требование спокойного заполнения становится определяющим. Поэтому расширяющиеся литниковые системы применяют прежде всего при изготовлении крупного и большей части среднего стального литья. Однако в этом случае возникает опасность неполного заполнения каналов литниковой системы, особенно литникового хода и питателей.

В литниковых системах равного сечения суммарные площади всех элементов одинаковы, т. е. $\sum F_{\text{ст}} : \sum F_{\text{лх}} : \sum F_{\text{пит}} = 1 : 1 : 1$.

Их применяют в условиях стопорной разливки при производстве крупных стальных отливок, когда каналы литниковой системы выполняют с использованием составных нормализованных керамических изделий в виде воронок, трубок, тройников, звездочек и щелевых питателей. Применение керамических изделий предотвращает эрозионное разрушение формы. Однако из-за их высокой стоимости, а также повышения трудоемкости изготовления форм литниковые системы равного сечения применяют в особых случаях, если другие варианты выполнения литниковых систем не обеспечивают получение отливки требуемого качества.

По пространственно-конструктивному признаку литниковые системы классифицируют на верхнюю, боковую (верхне-, средне- и нижне- боковую), ярусную (сифонную, щелевую и комбинированную).

Верхняя литниковая система обеспечивает подачу расплавленного металла в полость литейной формы сверху. Достоинством ее является создание наиболее благоприятных условий для обеспечения направленного затвердевания отливки, поскольку верхняя часть отливки, а затем прибыль заполняются в последнюю очередь более горячим расплавом.

Такая литниковая система наиболее экономична. Однако свободно падающая на поверхность формы и стержня струя жидкой стали неизбежно разбрызгивается и сильно окисляется. Кроме того, она размывает форму. Поэтому верхняя литниковая система в стальном литье самостоятельно, как правило, не применяется, но может использоваться в сочетании с другими типами как составная часть комбинированной литниковой системы.

Верхнебоковая литниковая система выполняет подачу расплавленного металла в полость литейной формы на уровне верхней части отливки. Она имеет такие же достоинства, что и верхняя литниковая система, но расплав попадает в полость формы не свободной, а каскадной струей, с меньшей кинетической энергией. Причем по мере уменьшения высоты отливки эти недостатки становятся все менее значимыми. Поэтому верхнебоковые литниковые системы применяют при изготовлении отливок высотой не более 100 мм.

Нижнебоковая литниковая система обеспечивает подачу расплавленного металла в полость литейной формы на уровне нижней части отливки, что создает благоприятные условия для спокойного заполнения формы. При таком подводе верхняя подприбыльная часть отливки заполняется более холодным металлом по сравнению с нижней.

Последняя и охлаждается менее интенсивно, так как нижние слои формы успевают заметно прогреться к моменту окончания заливки. Вследствие этого нарушается ход направленного снизу вверх (к прибыли) последовательного затвердевания отливки. Поэтому нижнебоковые литниковые системы могут применяться лишь при изготовлении отливок небольшой высоты.

Среднебоковая литниковая система (рис. в) осуществляет подачу расплавленного металла в полость литейной формы на уровне средней по высоте части отливки. При этом полость формы, расположенная ниже уровня питателей, заполняется металлом как при верхнебоковой, а выше уровня питателей, — как при нижнебоковой литниковой системе. Поэтому такая литниковая система сочетает достоинства и недостатки обоих типов литниковой системы, хотя и не в полной мере.

Сифонная литниковая система (рис. г) выполняет подачу расплавленного металла в полость литейной формы снизу, с донной ее части, что обеспечивает наиболее спокойное ее заполнение. Применение сифонной литниковой системы в стальном литье обусловлено прежде всего необходимостью предотвращения разбрызгивания струи расплава и ограничения его взаимодействия с воздухом из-за повышенной склонности жидкой стали к поверхностному окислению и пленообразованию.

Ярусная литниковая система (рис., д) обеспечивает подачу расплавленного металла в полость литейной формы на нескольких уровнях. Фактически она представляет собой сочетание нижне-, средне- и верхнебоковых литниковых систем. При этом вначале она

работает как нижнебоковая, а затем как среднебоковая и, наконец, как верхнебоковая литниковая система. Поэтому практически вся полость формы заполняется расплавом под затопленный уровень. При этом в верхнюю ее часть подводится наиболее горячий расплав. Вследствие этого ярусная литниковая система имеет преимущества всех боковых литниковых систем.

Ее недостатками являются сложность конструкции и обусловленное этим увеличение расхода металла на литниковую систему, а также повышение трудоемкости формовки из-за необходимости выполнения разъема формы для каждого яруса. Применение ярусных литниковых систем вполне оправдано при изготовлении крупных и уникальных отливок, поскольку другие типы литниковых систем не могут обеспечить эквивалентное сочетание качества отливок и экономичности их производства.

Литниковая система с обратным стояком (рис., ж) наряду с обычным (прямым) имеет дополнительный (обратный) стояк, связанный первым сифонным подводом металла. При этом каналы литникового хода и питателей примыкают к обратному стояку. Такая литниковая система обеспечивает почти полную релаксацию кинетической энергии потока расплава, поэтому создается возможность спокойного заполнения формы, несмотря на высокие начальные скорости истечения струи из ковша. Литниковая система с обратным стояком обычно имеет ярусное распределение жидкого металла в форме. При изготовлении мелких стальных отливок на каждом ярусе размещают одну или группу отливок. При изготовлении крупных стальных отливок ярусные литниковые каналы обеспечивают спокойное заполнение одной отливки, но с благоприятным распределением температуры по высоте отливки, способствуя ее направленному затвердеванию.

Вертикально-щелевая литниковая система (рис., е) имеет питатель в виде вертикальной щели по всей высоте отливки и представляет собой более общий случай ярусной литниковой системы со слившимися в единый канал питателями всех ярусов. Такая литниковая система обеспечивает подачу расплавленного металла в полость литейной формы равномерно по всей ее высоте. Одновременно это создает благоприятные условия для направленного затвердевания отливки. Вертикально-щелевая литниковая система хорошо сочетается как с прямым, так и с обратным стояком. Недостатками ее являются трудоемкость отделения от нее отливки при обрубке, повышенный расход металла и сложность выполнения в литейной форме щелевых питателей при горизонтальном разъеме формы. Однако явные достоинства этой литниковой системы обуславливают ее применение при изготовлении высоких тонкостенных ($H_0/S_0 > 50$) отливок.

Комбинированная литниковая система (рис., з) представляет собой комбинацию из

нескольких типов рассмотренных выше литниковых систем. Она сложнее по конструкции, чем составляющие ее литниковые системы, но обеспечивает подачу расплавленного металла в полость литейной формы на любом уровне и с разным его массовым расходом при заполнении различных частей отливки. Такая литниковая система сочетает в себе все достоинства составляющих ее типов литниковых систем, минимизируя при этом их индивидуальные недостатки. Недостатками ее являются сложность выполнения в форме, трудоемкость отделения от отливки при обрубке, а также повышенный расход металла. Такую литниковую систему применяют при изготовлении в песчаных или комбинированных формах крупногабаритных стальных отливок сложной конфигурации.

Конструирование и выбор литниковой системы

При конструировании литниковой системы необходимо придерживаться ряда правил, направленных на обеспечение требований к литниковым системам.

1. Протяженность каналов литниковой системы должна быть короткой и жидкий металл необходимо подводить к полости формы кратчайшим путем. Для этого следует разместить отливки на плоскости разъема формы максимально плотно, но с соблюдением требуемых дистанций между отливками, отливками и элементами литниковой системы, между отливками и краем опоки. Затем необходимо выбрать рациональную траекторию литникового хода. В частности, при изготовлении отливок, имеющих конфигурацию тел вращения и наружный диаметр не более 700 мм, наиболее рациональным является подвод металла в центральную часть отливки. При наружном диаметре в пределах 700—1000 мм металл к отливке необходимо подводить с внешней стороны отливки через подковообразный литниковый ход. При большем наружном диаметре отливок целесообразно применять комбинированный подвод металла — в центральную часть и с внешней стороны. Размещение литникового хода вдоль внешнего контура применяют так же при изготовлении отливок коробчатого типа. При изготовлении в одной форме нескольких отливок желательно разместить их симметрично относительно литникового хода, а стояк — в центре ветвей литникового хода.

2. Поток металла, подводимый в полость формы, должен быть направлен вдоль стенки отливки или касательно (тангенциально) к ней, но никак не перпендикулярно к поверхности стержня или стенки формы. Для этого необходимо подводить металл в торцевые части плоских стенок отливки или касательно к средней оси сечения отливок тел вращения.

3. Подвод металла должен обеспечивать одностороннее движение металла в форме. При этом для отливок тел вращения одностороннее движение должно трансформироваться во вращательное. Встречное движение потоков допускается, если их головные части затем

сливаются в прибыль, выпор или другую вспомогательную емкость.

4. Нежелательно размещать элементы литниковой системы вблизи знаков стержней (из-за ухудшения условий газоотвода из формы) и холодильников (из-за снижения эффективности их работы), а также жеребеек (из-за опасности их проплавления и обусловленного этим смещения стержня).

5. Подвод металла осуществляют в наиболее массивную часть отливки, если толщина ее стенок различается незначительно, и, наоборот, металл подводят к тонким стенкам, если их толщины существенно различаются. Первая часть правила обусловлена необходимостью обеспечения направленного затвердевания отливки, поскольку при незначительной разнице в толщине ее стенок это является наиболее актуальной задачей. Вторая часть правила обусловлена необходимостью уменьшения градиента температур в различных частях отливки из-за опасности возникновения трещин. При сильно различающихся толщинах актуальной становится уже проблема снижения термических напряжений, поскольку условие направленного затвердевания выполняется заведомо. При значительной разнице толщин рекомендуется наряду с подводом металла в тонкие части ускоренно охлаждать массивные, обеспечивая направленное к прибыли последовательное затвердевание отливки. Выбор литниковой системы определяется конструкцией самой отливки. Чрезвычайно важно совместить этот процесс с процессом выбора разъема формы и предусмотреть, чтобы массивные части отливки, требующие питания из прибыли, располагались сверху, а протяженные плоские стенки наклонно или вертикально. В стальном литье наиболее часто применяют нижнебоковую (для невысоких отливок) или ярусную (для отливок средней и большой высоты) литниковую систему. При малой толщине стенки отливки предпочтительнее применять вертикально-щелевую литниковую систему. Если отливка снизу не имеет горизонтальной стенки, то вместо нижнебоковой применяют сифонную литниковую систему. Причем питатель может охватывать весь нижний контур отливки, трансформируясь в щелевой питатель. Комбинированную литниковую систему выбирают, если разные части отливки требуют различных условий заполнения. Если возможно технологически, то целесообразно применять литниковые системы, содержащие элементы нижнего или сифонного подвода металла, которые обеспечивают заполнение полости формы под затопленный уровень. В этом случае даже при применении расширяющихся литниковых систем литниковый ход и питатели оказываются всегда заполненными, как при использовании сужающихся литниковых систем. Поэтому, при условии заполнения полости формы жидким металлом под затопленный уровень, во всех случаях следует применять расширяющиеся литниковые системы и соотношение площадей сечений элементов

выдерживать в следующих пределах:

$$\sum F_{\text{ст}} : \sum F_{\text{лх}} : \sum F_{\text{пит}} = (1 : 1,3 : 1,5) \dots (1 : 1,5 : 2)$$

При изготовлении крупных стальных отливок ответственного назначения каналы литниковой системы выполняют из огнеупорных трубок. При этом площади элементов литниковой системы принимают одинаковыми или кратными:

$$\sum F_{\text{ст}} : \sum F_{\text{лх}} : \sum F_{\text{пит}} = (1 : 1 : 1) \dots (2 : 2 : 2)$$

Если по технологическим условиям не удастся сконструировать литниковую систему с подводом жидкого металла в нижние горизонты отливки, а заливка осуществляется из поворотного ковша, то литниковую систему выполняют сужающейся. Такие ситуации могут возникать при изготовлении мелкого и, частично, среднего литья. В этих случаях обычно рекомендуют следующее соотношение площадей сечений элементов литниковой системы:

$$\sum F_{\text{ст}} : \sum F_{\text{лх}} : \sum F_{\text{пит}} = (1,1 : 1,05 : 1) \dots (1,4 : 1,2 :)$$

Для снижения скорости потока жидкого металла на входе в полость формы, особенно при использовании сужающихся литниковых систем, питатели выполняют в виде раструбов с увеличением площади выходного сечения в 1,2—1,3 раза.

</b

Тема: Расчет литниковых систем и прибылей

Назначение литниковой системы.

Литниковая система (л. с) должна обеспечить спокойную, равномерную и непрерывную подачу металла в заранее определенные места отливки.

Конструкция л. с. должна создавать условия, препятствующие засасыванию воздуха потоком металла.

Л. с. должна задерживать все неметаллические включения, попавшие в поток металла.

Одной из важнейших функций л. с. является заполнение формы с заданной скоростью: при очень большой скорости заливки происходит размыв стенок формы и каналов самой л. с., а при слишком медленной заливке - значительное охлаждение металла и образование спаев, неслитин, недоливов.

Л. с. должна способствовать выполнению принципа равномерного или направленного затвердевания отливки. Она служит для частичного питания жидким металлом отливки в начальный момент ее затвердевания.

Нормальная л. с. состоит из следующих основных элементов: приемное устройство, стояк, зумпф, литниковый ход, питатели.

Приемные устройства.

Назначение их состоит в том, чтобы обеспечить попадание струи из ковша в каналы л. с. Также эти устройства гасят энергию струи металла из ковша и частично улавливают шлак, попавший в поток из ковша.

В качестве приемного устройства применим литниковую воронку. Литниковые воронки применяются при заливке всех стальных отливок, независимо от их массы (из-за заливки из стопорных ковшей, а также для уменьшения поверхности контакта металла с литниковой системой).

Стояк.

Он представляет собой вертикальный канал л. с., по которому металл опускается от уровня чаши до того уровня, на котором он подводится к отливке.

Очень часто по условиям формовки (особенно при машинном изготовлении форм) требуется установка расширяющихся книзу стояков. В таких стояках может происходить подсос воздуха, и требуется установка дросселей, но так как сечение питателей наименьшее (то есть л. с. заполненная), то дроссели не нужны.

Зумпф Очень ответственным местом в л. с. является зумпф - это расширение и углубление под стояком. Его всегда нужно делать при устройстве л. с. В нем образуется болотце металла, гасящего энергию струи из стояка и тем самым предотвращающего разбрызгивание металла. Кроме того, выходя из зумпфа в литниковый ход, металл направлен снизу вверх. При этом направление движения металла совпадает с направлением естественного движения шлаковых частиц, попавших из ковша в металл, и они быстрее выносятся к потолку литникового хода, то есть зумпф позволяет сделать короче литниковый ход и уменьшить расход металла на л. с.

Литниковый ход.

Он представляет собой горизонтальный канал, чаще всего трапециевидного сечения, устанавливаемый на плоскости разъема формы. Основным его назначением является распределение потока металла из стояка по отдельным питателям, обеспечивая его равномерный расход.

Питатели.

Последний по ходу металла элемент л. с. - питатели. Их количество и расположение зависят от характера заливаемых деталей. Сечение питателей должно быть таким, чтобы они легко отламывались от отливки.

Когда металл подводится несколькими питателями к отливке, истечение его из разных питателей, удаленных на различное расстояние от стояка, разное. Дальние питатели пропускают большее количество металла, чем ближние. Это объясняется тем, что в крайних питателях динамический напор частично переходит в статический, поэтому скорость истечения металл из этих питателей выше.

Выбор типа литниковой системы.

Решающими факторами, от которых зависит выбор типа л. с., являются: конструкция отливки, принятая в цехе технология и свойства сплава, из которого отливается заготовка.

Для изготовления стальных отливок применяются л. с. максимальной простоты и минимальной протяженности, так как сталь при охлаждении резко теряет жидкотекучесть.

Выбранная л. с. относится к верхним л. с. с горизонтальным расположением питателей. В такой л. с. металл подводится в верхнюю часть отливки и к концу заполнения формы в отливке создается температурное поле, соответствующее принципу направленного затвердевания (снизу холодный, а сверху горячий металл).

Выбор места подвода металла к отливке.

При выборе места подвода металла к отливке обязательно учитывается принцип затвердевания отливки. Так как отливка по своей конструкции склонна к направленному затвердеванию, то металл лучше подводить в ее массивные части. Протекающим металлом форма в местах подвода разогревается, в тонкие части отливки металл подходит

охлажденным и скорость их затвердевания еще больше увеличивается. Массивные части, разогретые горячим металлом, затвердевают медленнее. Такое температурное поле способствует образованию в отливке (в ее массивном или тепловом узле) концентрированной усадочной раковины, которую легко перевести в прибыль.

Металл подводим вдоль стенки, в этом случае не происходит прямого удара струи металла в стенку формы и вероятность ее разрыва уменьшается.

Для определения размеров сечения элементов л. с. нужно задаться соотношением их размеров.

$$\sum F_{\text{н}} = \frac{Q}{K \cdot t \cdot L}, \text{ где} \quad (43)$$

Q - вес жидкого металла на форму - 70кг

K - для форм с продувкой CO₂ = 0,74

L = 0,85 - коэффициент поправки на жидкотекучесть для углеродистых марок сталей

t = продолжительность заливки = $C\sqrt{Q}$, коэффициент C в зависимости от характера отливки относительной плотности отливки KV

$$K_F = \frac{Q}{V} = \frac{70}{13,14} = 5,33$$

V - габаритный объем отливки в дм³

$$V = 3,7 \cdot 3,7 \cdot 0,96 = 13,14 \text{ дм}^3$$

Коэффициент C, в зависимости от KV = 1,3 [12, таб.32]

$$t = C\sqrt{Q} = 1,3\sqrt{70} = 11 \text{ сек}$$

$$F = \frac{70}{0,74 \cdot 11 \cdot 0,85} = 10 \text{ см}^2$$

$$\sum F_{\text{пр}} : F_{\text{пр}} \div F_{\text{пр}} = 1 \div 1,1 \div 1,2$$

$$F_{\text{пр}} = 10 \cdot 1,1 = 11 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{пр}} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ см}^2$$

Расчет размеров прибылей

Усадочные раковины образуются в отливках вследствие уменьшения объема жидкого металла при охлаждении и, в особенности, при переходе его из жидкого состояния в твердое. Они относятся к числу основных пороков отливок, с которыми литейщикам приходится повседневно работать. Для борьбы с усадочными раковинами применяются литейные прибыли, представляющие собой резервуары жидкого металла, из которых происходит пополнение объемной усадки отдельных частей отливки, расположенных вблизи прибыли.

От эффективности работы прибыли зависит качество отливки и процент выхода годного литья. Установка прибылей способствует выполнению принципа направленной кристаллизации.

Прибыль должна:

обеспечить направленное затвердевание отливки к прибыли; поэтому ее надо устанавливать на той части отливки, которая затвердевает последней;

иметь достаточное сечение, чтобы затвердеть позже отливки;

иметь достаточный объем, чтобы усадочная раковина не вышла за пределы прибыли; иметь конструкцию, обеспечивающую минимальную поверхность.

Расчет прибыли

Для отливки "Корпуса"

Определяется диаметр вписанного круга, определяющего узел питания отливки Φ 50 мм.

2. Согласно справочника Василевского

d - толщина прибыли, T - толщина питаемого узла.

$d/T=1,8$ т.е.

$d=T*1,8=50*1,8=90$ мм

Протяженность прибыли при $L=D$ (справ. Василевский)

т.к протяженность питаемого узла расположена равномерно по всей окружности, т.е. $L=D$ то протяженность прибыли

$L=31\%$ от D , т.е. $370*3,14*31\% = 348$ мм

Распределяем 2 прибыли по окружности для равномерного питания отливки металлом, т.е. длина одной прибыли будет $348: 2 = 174$ мм

Тема: Плавка в мартеновских печах

Мартеновское производство возникло в 1864 г., когда П.Мартен построил первую регенеративную (использующую теплоту отходящих газов) печь, давшую годную литую сталь из твердой шихты. В России первая мартеновская печь была построена в 1869 г. А.А.Износковым на Сормовском заводе. Вплоть до 90-х годов мартеновские печи использовались для производства стали лишь с завалкой твердой шихты и работали по так называемому скрап-процессу. Разработка технологии рудного процесса на жидком чугуна была осуществлена в Украине братьями А.М. и Ю.М.Горяиновыми; они же внедрили плавку по этой технологии в 1894 г. на Александровском заводе в Екатеринославле (ныне Днепропетровский завод им. Г. И. Петровского).

В мартеновской печи осуществляется передел загруженной в нее шихты: твердого или жидкого чугуна, стального и чугунного лома с использованием железной руды, окалины, кислорода, флюсов и ферросплавов — в сталь заданного состава, при этом получается побочный продукт плавки — мартеновский шлак.

Мартеновская печь

Верхняя часть мартеновской печи состоит из рабочего пространства (ограниченного ванной 4, передней стеной 9, задней стеной 8, сводом 5) и головок, расположенных с обоих концов рабочего пространства. В передней стене находятся загрузочные окна 6, через которые с рабочей площадки загружается шихта, берутся пробы и ведется наблюдение за плавкой. Подина печи имеет наклон к задней стене, в которой находится отверстие для выпуска готовой стали, разделяемое перед выпуском.

Через каналы 1, 2, 3 и 7 головок подается газ (топливо) и окислительное дутье и отводятся продукты горения.

Нижняя часть печи состоит из двух пар шлаковиков, двух пар регенераторов, подземных каналов с перекидными клапанами и дымового боров, соединенного с дымовой трубой или котлом — утилизатором.

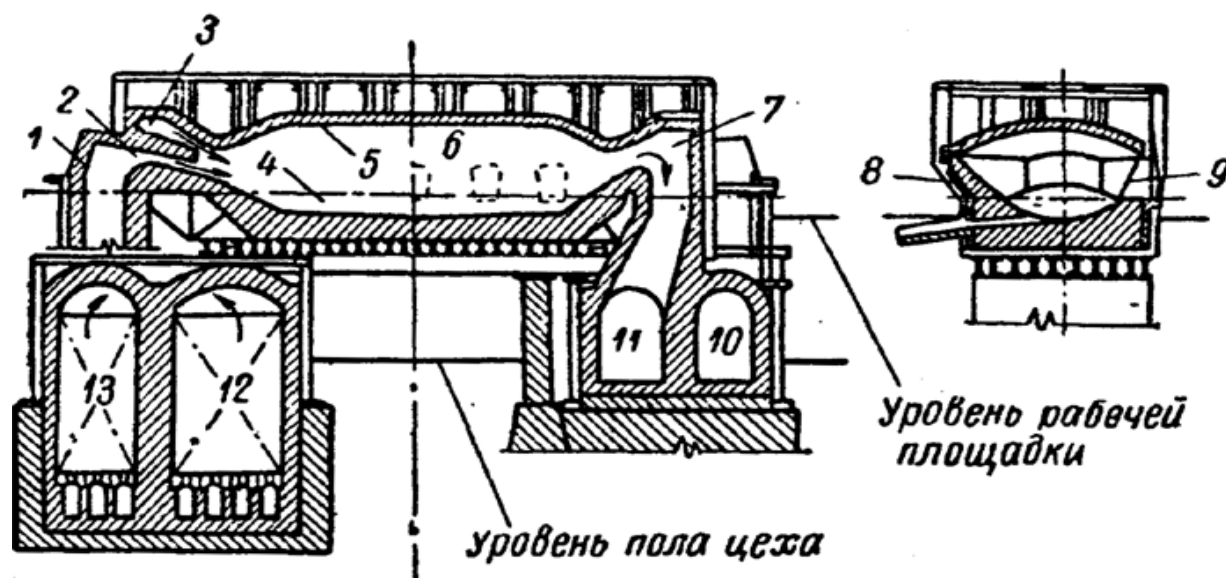


Рисунок 100- Схема устройства мартеновской печи

Шлаковики и регенераторы расположены попарно и симметрично по обе стороны печи. Сечение через воздушный шлаковик 11 и газовый шлаковик 10 сделано в одной плоскости с сечением рабочего пространства, а сечение через воздушный регенератор 12 и газовый регенератор 13 — в другой плоскости: шлаковики находятся под головками, а регенераторы под рабочей площадкой.

Регенераторы служат для нагрева воздуха и горючего газа, поступающих в рабочее пространство при температуре 1000—1150°. Необходимость нагрева вызвана тем, что в рабочем пространстве должна быть обеспечена температура до 1700° и более, если же предварительного нагрева дутья и газа не производить, то температура в печи будет недостаточна для нагрева и последующего плавления мягкой стали.

Камеры регенераторов заполнены насадкой в виде решетчатой кладки из огнеупорного кирпича.

Регенераторы работают попарно и попеременно: в то время как одна пара нагревает дутье и газ, другая аккумулирует (запасает) теплоту отходящих продуктов горения; по охлаждении регенераторов до нижнего предела либо по достижении верхнего предела нагрева регенераторов, аккумулирующих теплоту, происходит перемена направления движения газов посредством перекидки клапанов. Шлаковики расположены между головками и регенераторами; они служат для собирания пыли и капель шлака, которые выносятся продуктами горения.

Для нагрева мартеновских печей, работающих на машиностроительных заводах, применяется также жидкое топливо (мазут). Мазут в рабочее пространство вводится с помощью форсунки и распыляется струей воздуха или пара под давлением 5—8 атм. Печи, работающие на мазуте, оборудуются только двумя регенераторами (и соответственно двумя шлаковиками) для подогрева окислительного дутья по одному с каждой стороны.

Мартеновские процессы и печи разделяют на основные и кислые в зависимости от характера процесса и, соответственно, материала футеровки подины и стен.

Плавка стали на шихте, содержащей фосфор и серу в количестве, превышающем допустимое в готовой стали, производится основным процессом, т.е. под основным шлаком и в печах с основной футеровкой.

Ванна основных печей футеруется обожженным доломитом или магнезитом. Для кладки свода рабочего пространства, головок и стен шлаковиков применяют магнезитохромитовый кирпич, имеющий высокую стойкость. В небольших печах, а также при отсутствии магнезитохромитового кирпича, свод печей делается из динасового кирпича.

Для плавки стали под кислым шлаком применяются кислые печи с футеровкой из динасового кирпича и кварцевого песка.

Помимо стационарных мартеновских печей, применяются также качающиеся мартеновские печи. Верхняя часть качающейся печи опирается на систему роликов. Между торцовыми стенками рабочего пространства и головками имеются небольшие щели, обеспечивающие возможность поворота корпуса печи. Посредством поворотного механизма осуществляется наклон до 15° в сторону рабочей площадки для скачивания шлака, или на $30\text{—}33^\circ$ в сторону выпускного отверстия для выпуска стали.

Продолжительность службы мартеновской печи (ее кампания) определяется числом плавов, выдерживаемых сводом рабочего пространства; она составляет обычно для печей с динасовым сводом 250—300 плавов (при большой емкости) или 400—500 плавов (при малой и средней емкости), а для печей с хромомагнезитовым сводом 700 и более плавов.

В мартеновских печах выплавляют углеродистую конструкционную сталь, а также легированную сталь различных марок.

Плавка в мартеновских печах

Мартеновский процесс протекает при физико-химическом взаимодействии между металлом, шлаком, газовой средой и футеровкой печи в условиях высоких температур. Задачей процесса является уменьшение до требуемой нормы содержания углерода, марганца и кремния и возможно более полное удаление вредных примесей (серы, фосфора, кислорода, водорода, азота). Окисление элементов металлической ванны протекает при взаимодействии их с кислородом, который вносится в рабочее пространство печи дутьем, а также с рудой и окатиной; применяется также вдувание кислорода в расплавленный металл. Существуют две главные разновидности мартеновского процесса: скрап-рудный процесс (основной) и скрап-процесс (кислый или основной). Скрап-рудный процесс. Этот процесс применяется в мартеновских печах металлургических заводов, где имеются доменные печи. Шихта при скрап-рудном процессе состоит в основном (обычно более чем на 65%) из жидкого чугуна, небольшого количества (10—15%) стального лома (скрапа), железной руды и флюсов.

В настоящее время основную часть стали получают скрап-рудным процессом.

Мартеновский чугун почти всегда содержит повышенное количество фосфора, поэтому для скрап-рудного процесса применяются основные печи. Сначала в печь загружают твердую шихту: стальной лом, флюс (известняк или известь) и железную руду. Заливку жидкого

чугуна производят, когда шихта в печи нагреется до температуры несколько более высокой, чем температура плавления чугуна.

При расплавлении шихты в печи образуются жидкий металл, шлак и газы, которые непрерывно взаимодействуют и изменяются по составу: верхние слои шлака реагируют с печными газами, нижние — с металлом, а металл — с футеровкой пода и откосов печи.

Ход окисления примесей — кремния, марганца, фосфора, углерода — определяется наличием в металле свободной закиси железа, последняя легко переходит из шлака в металл и обратно, чем устанавливается определенное равновесие по количеству закиси железа между ними. Закись железа образуется при взаимодействии железа с рудой и окалиной.

В настоящее время свыше 90% мартеновской стали в стране производится в печах с автоматическим управлением их тепловым режимом. В результате автоматизации достигаются экономия топлива (около 5%), повышение производительности (в среднем на 8%) и увеличение стойкости свода печи (примерно на 9%).

Тема: Плавка в основных и кислых дуговых печах

Дуговая печь — электрическая печь для плавки металлов и других материалов, в которой используется тепловой эффект электрической дуги. Вместимость печей составляет 0,5...400 тонн. В металлургических цехах используют электропечи с основной футеровкой, а в литейных — с кислой.

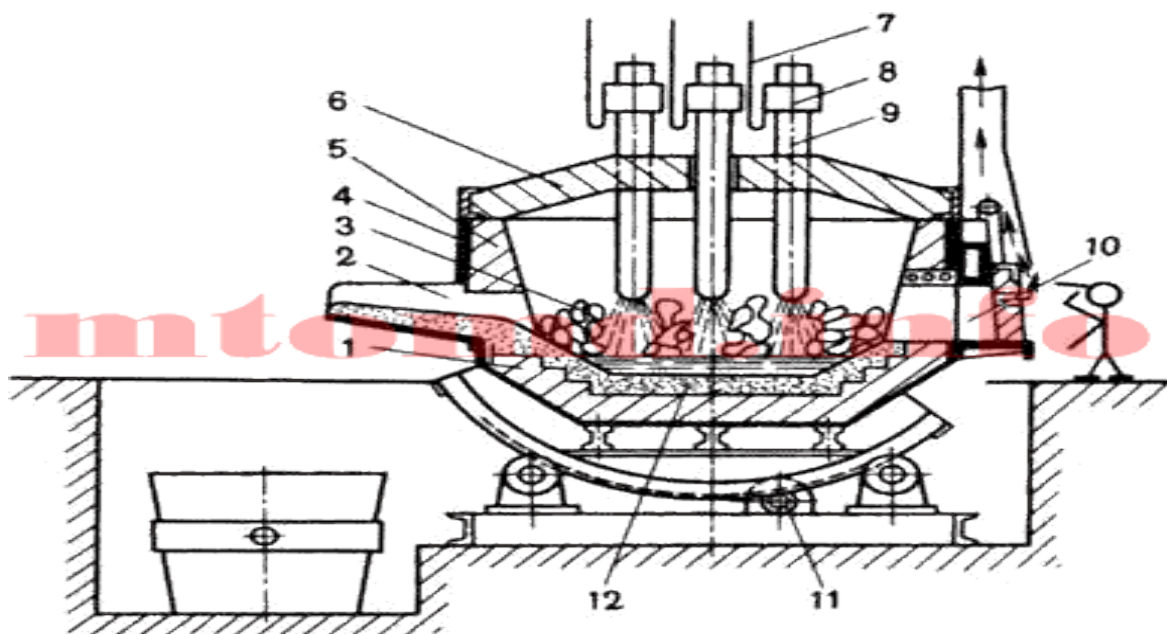


Рисунок 101. Схема дуговой плавильной печи

Дуговая печь питается трёхфазным переменным током. Имеет три цилиндрических электрода 9 из графитизированной массы, закреплённых в электрододержателях 8, к которым подводится электрический ток по кабелям 7. Между электродом и металлической шихтой 3 возникает электрическая дуга. Корпус печи имеет форму цилиндра. Снаружи он заключён в прочный стальной кожух 4, внутри футерован основным или кислым кирпичом 1. Плавильное пространство ограничено стенками 5, подиной 12 и сводом 6. Съёмный свод 6 имеет отверстия для электродов. В стенке корпуса рабочее окно 10 (для слива шлака, загрузки ферросплавов, взятия проб), закрытое при плавке заслонкой. Готовую сталь выпускают через сливное отверстие со сливным желобом 2. Печь опирается на секторы и имеет привод 11 для наклона в сторону рабочего окна или желоба. Печь загружают при снятом своде.

В основной дуговой печи осуществляется плавка двух видов:

- на шихте из легированных отходов (методом переплава);
- на углеродистой шихте (с окислением примесей).

Плавку на шихте из легированных отходов ведут без окисления примесей. После расплавления шихты из металла удаляют серу, наводя основной шлак, при необходимости науглероживают и доводят металл до заданного химического состава. Проводят

диффузионное раскисление, подавая на шлак измельченные ферросилиций, алюминий, молотый кокс. Так выплавляют легированные стали из отходов машиностроительных заводов.

Плавку на углеродистой шихте применяют для производства конструкционных сталей. В печь загружают шихту: стальной лом, чушковый переделный чугун, электродный бой или кокс, для науглероживания металлов и известь. Опускают электроды, включают ток. Шихта под действием электродов плавится, металл накапливается в подине печи. Во время плавления шихты кислородом воздуха, оксидами шихты и окислы окисляются железо, кремний, фосфор, марганец, частично, углерод. Оксид кальция из извести и оксид железа образуют основной железистый шлак, способствующий удалению фосфора из металла. После нагрева до 1500...1540 °С загружают руду и известь, проводят период «кипения» металла, происходит дальнейшее окисление углерода. После прекращения кипения удаляют шлак. Затем приступают к удалению серы и раскислению металла заданного химического состава. Раскисление производят осаждением и диффузионным методом. Для определения химического состава металла берут пробы и при необходимости вводят в печь ферросплавы для получения заданного химического состава. Затем выполняют конечное раскисление алюминием и силикокальцием, выпускают сталь в ковш.

При выплавке легированных сталей в дуговых печах в сталь вводят легирующие элементы в виде ферросплавов.

В дуговых печах выплавляют высококачественные углеродистые стали – конструкционные, инструментальные, жаростойкие и жаропрочные.

Принципиальные особенности кислого процесса определяют ряд отличий технологии выплавки стали в кислых дуговых печах по сравнению с плавкой в основных печах.

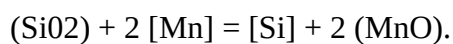
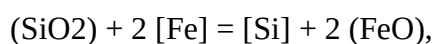
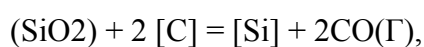
В кислых печах сталь обычно выплавляют методом переплава, применяя или не применяя кипения. Технология без кипения находит ограниченное применение при переплаве хромистых, хромоникелевых, хромокремнистых и хромомолибденовых сталей, так как отсутствие кипения позволяет полнее использовать хром из отходов. В основном же плавка в кислой печи проводится с кипением ванны, поскольку оно, как и в основном процессе, способствует рафинированию металла от газов.

Шихтовые материалы. Ввиду того, что в процессе умелой плавки фосфор и сера не удаляются, а их содержание в стали за счет вводимых добавок даже несколько

увеличивается, шихтовые материалы должны содержать фосфора и серы минимум на 0,01% ниже, чем допускается в готовой стали. Сообразно с этим собственные отходы не должны превышать 50% от массы завалки, а остальную впасть должны составлять скрап и отходы основной мартеновской или электропечной углеродистой стали.

Меньшая активность закиси железа в кислых шлаках и более высокая вязкость шлаков затрудняют окисление углерода. Но так как кислые шлаки менее проницаемы и для газов (азота и водорода), то интенсивность окисления углерода в кислой печи не имеет такого весомого значения, как в основной. Плавка стали в кислых печах даже при скорости выгорания углерода 0,3% С/ч позволяет получать качественную сталь. Кислые плавки шихтуют на выгорание меньшего количества углерода. Шихтовые материалы должны внести такое его количество, чтобы в период кипения окислилось 0,1—0,2% С. В случае необходимости недостающее количество углерода в завалку вносят в виде кокса, электродного боя или малофосфористого и малосернистого чугуна. Металлический лом не должен быть ржавым, так как окислы железа растворяя SiO₂, способствуют разрушению кислой футеровки. При использовании сильно окисленного лома вредное действие окиси железа можно нейтрализовать, добавив в шихту необходимое их ошлакования количество кварцевого песка. В остальном требования к шихтовым материалам и порядку завалки их в печь аналогичны требованиям, предъявляемым к исходным материалам при основной плавке стали в дуговых печах.

Период плавления. Процесс плавления проводят так же, как и в основных печах. Поскольку же шихта кислых печей, как правило, более легковесна и более склонна к образованию мостов, необходимо сталкивать чаще, чем в основных печах. По этой же причине восстановление кремния происходит главным образом вследствие восстановления кремнезема футеровки и шлака углеродом. При этом возможны и другие реакции:



Взаимодействие углерода с кремнеземом вследствие образования газообразного продукта реакции представляет собой необратимый процесс. вторая и третья реакции могут протекать как в прямом, так и в обратном направлении. Развитие прямой или обратной реакции определяется температурой ванны, химическим составом металла и шлака, консистенцией шлака.

Эти реакции эндотермичны, и поэтому повышение температуры стали способствует восстановлению кремния. Первая реакция протекает при достаточно высокой температуре и

при недостатке в зоне реакции закиси железа. В хорошо прогретом металле по этой реакции углерод восстанавливает кремнезем футеровки, а образующийся кремний окисляется на границе раздела металл — шлак закисью железа или закисью марганца.

Если же концентрация окислов железа и марганца в шлаке невелика или вследствие большой вязкости шлака затруднена их диффузия к границе раздела металл — шлак, в металле может происходить накопление восстановленного кремния.

Таким образом, регулируя температуру ванны, содержание закиси железа в шлаке и его консистенцию в окислительный период кислой плавки можно регулировать не только интенсивность выгорания углерода и окисление или восстановление марганца, но также и ход реакций окисления и восстановления кремния.

Следует иметь в виду, что при интенсификации окислительных процессов присадками железной руды или вдуванием газообразного кислорода нежелательно получать сильножелезистые шлаки, так как они способны растворять кислую футеровку. Во избежание этого руду надо давать мелкими порциями и только после израсходования предыдущей порции, а продувку кислородом вести менее интенсивно, чем в основных дуговых печах. Для этой же цели в окислительный период целесообразно присаживать небольшие порции песка, поддерживая тем самым состояние насыщения шлака кремнеземом.

К концу окислительного периода, определяемому по содержанию углерода, шлак содержит 55—60% SiO_2 , причем почти половина шлака бывает образована из материала футеровки.

Восстановительный период. Из-за отсутствия условий для удаления серы и в связи с ограниченными возможностями легирования восстановительный период в кислой печи либо вообще отсутствует, либо проводится по упрощенной технологии.

При выплавке углеродистой стали назначение восстановительного периода сводится к раскислению металла. Если дуговые печи выпускают плавку целиком, то можно проводить так называемый кремневосстановительный процесс. Шлак окислительного периода при этом загущают присадками кварцевого песка и металл нагревают. В густом шлаке диффузия закиси железа к поверхности стали замедляется, вследствие чего кремний, восстанавливающийся из футеровки и шлака, накапливается в металле и восстанавливает находящиеся в нем окислы. Скорость восстановления кремния при кремневосстановительном процессе достигает 0,01% в минуту, и поэтому надо уметь хорошо управлять реакциями восстановления кремния. Чрезмерное их развитие может привести к получению излишне высокого содержания кремния. По этой же причине кремневосстановительный процесс мало пригоден в цехах мелкого литья, где плавку разбирают

малыми порциями в несколько приемов, поскольку оставшаяся в дуговой печи сталь будет обогащаться кремнием. Прекратить увеличение содержания кремния можно присадками в шлак извести, разжижающей шлак и способствующей увеличению его окислительной способности.

В цехах мелкого литья металл в печи целесообразнее раскислять присадками ферросилиция, а окончательное раскисление марганцем и алюминием осуществлять в ковше.

При выплавке легированных сталей ответственного назначения шлак окислительного периода удаляют на 70—80% и присадками песка, шамотного боя и извести заводят маложелезистый шлак. Под этим шлаком металл раскисляют ферросилицием или силикомарганцем и легируют.

Окончательное раскисление алюминием проводят в печи за 2 — 3 мин до выпуска или в ковше. Количество алюминия для раскисления выбирают таким, чтобы не только предотвратить развитие процесса окисления углерода при охлаждении и кристаллизации металла, но и ослабить вредное влияние повышенного в кислой стали содержания серы.

В некоторых случаях требуется получение крупнозернистой структуры отливок. Сталь для таких отливок не следует раскислять алюминием, так как его избыток способствует измельчению структуры.

Получить плотные отливки из кислой стали без раскисления алюминием довольно трудно, так как даже хорошо просушенные песчаные формы содержат около 5% влаги, кислород которой попадает в металл. Поэтому при выплавке без присадок алюминия сталь должна быть очень хорошо раскислена в дуговой печи. Это достигается, например, многократным скачиванием шлака или раскислением его молотым коксом, в результате чего содержание закиси железа в шлаке удается понизить до 5—7%. Содержание кремния в металле, необходимое для получения высококачественных отливок без алюминия, должно возрастать с повышением содержания в стали углерода. Например, при 0,15% С необходимо, чтобы содержание кремния составляло 0,40—1,50, а при 0,50% С оно должно составлять 1,10 — 2,20%. Следовательно, величину зерна в отливках в определенных пределах целесообразнее регулировать, прибегая к термической обработке.

Тема : Плавка в индукционных печах

Устройство индукционных печей. Индукционные печи могут быть трёх типов: тигельные с центральным сердечником; тигельные без сердечника и каналные. Наибольшее применение в промышленности имеют тигельные без сердечника и каналные. В бессердечниковых индукционных тигельных печах легко получать чугуны различного

состава, они работают на частотах от промышленной (50 Гц) до 10000 Гц. Частота выбирается в зависимости от ёмкости тигля. Высокочастотные печи (2500 Гц), как правило, имеют ёмкость тигля до 150 кг, среднечастотные (500...1000 Гц) – 400...1500 кг, печи промышленной частоты - от 1,0 до 30 т и более. Для печей небольшой ёмкости (несколько десятков грамм - в зубопротезном деле) применяют частоты до 10000 Гц.

Наибольшее распространение получили индукционные тигельные печи средней и промышленной частоты. Преимуществом первых является большая удельная концентрация энергии. Их производительность почти вдвое больше, чем печей промышленной частоты. Но печи промышленной частоты дешевле, перемешивание металла в них интенсивней, что позволяет проводить металлургическую обработку. В последние годы появились печи двойной частоты, в которых расплавление твердой шихты ведется на средней частоте (500...1000 Гц), а перегрев и доводка жидкого чугуна - на промышленной частоте.

В нашей стране выпускаются индукционные тигельные печи промышленной частоты для плавки чугуна ИЧТ-1, ИЧТ-2,5, ИЧТ-6, ИЧТ-10, ИЧТ-16, ИЧТ-25, ИЧТ-40, ИЧТ-60.

Конструкция печи ИЧТ-6 Каркас 5 представляет собой сварную конструкцию, выполненную из листовой стали. Жесткость каркаса обеспечивается ребрами жесткости, равномерно расположенными по диаметру обечайки. Под сливным носком расположена ось 1 поворота печи. Ось крепится в подшипниках, установленных на колоннах. Печь имеет гидравлический механизм наклона, состоящий из маслонапорной установки, аппаратуры гидропривода и двух плунжеров. Посредством гидравлического механизма осуществляется наклон печи в одну сторону на любой угол до 100° для выдачи металла. Главной частью является индуктор 3, представляющий собой катушку, собранную из секций по 5-7 витков из медной трубы.

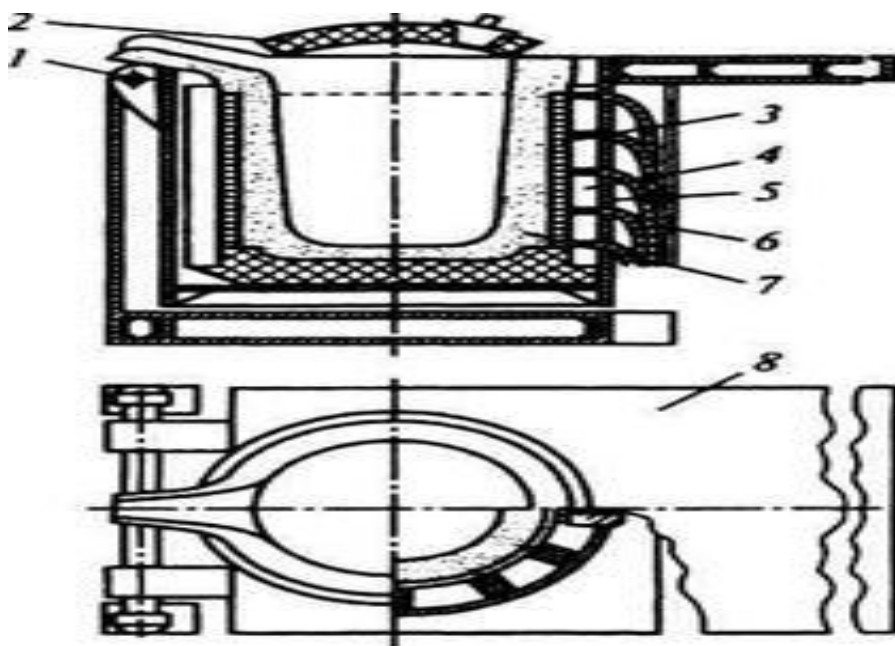


Рисунок 102. Схема индукционной печи промышленной частоты:

1 – поворотная ось печи; 2 – крышка; 3 – индуктор; 4 – магнитопроводы; 5 - каркас печи;
6 – водоохлаждаемые кабели и шланги; 7 – тигель; 8 – рабочая площадка

Витки индуктора изолированы стеклолентой и микалентой, во избежание осевого перемещения индуктора он зафиксирован магнитопроводами 4 – пакеты трансформаторной стали, равномерно расположенные по окружности индуктора. Магнитопроводы служат для замыкания внешнего магнитного поля индуктора, предохраняют от нагрева металлический каркас печи. Кроме того, обеспечивают надежное крепление индуктора, что особенно важно при наклоне печи. Плавильным пространством печи является тигель 7, выполняемый обычно набивкой. В качестве набивочных материалов для изготовления тигля применяются кислые, основные и нейтральные огнеупорные массы. Рабочее пространство печи закрывается крышкой 2 из немагнитной стали, футерованной изнутри огнеупорным бетоном и теплоизолирующим материалом. Она снабжена механизмом подъема и поворота с ручным приводом рычажного типа. Загрузка шихты в печь производится сверху. Токоподвод к печи осуществляется гибкими водоохлаждаемыми кабелями 6. Регулирование мощности печи производится автоматически регулятором режима. Для управления наклоном печи предусмотрен пульт управления.

3.6. Плавка чугуна в электродуговых и индукционных печах. Плавка синтетического чугуна.

В последние годы в связи с разработкой индукционных тигельных печей средней частоты применение индукционной плавки в литейном производстве получает новое развитие. Индуктор печи выполняют в виде отдельных секций, которые имеют автономное питание токами средней частоты от отдельных секций инвертора. Автономное питание секций позволяет при необходимости концентрировать мощность печи в различных частях тигля. Так, при необходимости быстрого создания жидкой ванны при использовании мелкодисперсной шихты максимальная мощность концентрируется в нижней части тигля. При легировании, раскислении и модифицировании расплава в тигле – максимальную мощность концентрируют в верхней части тигля. Управляя режимом питания секций индуктора с применением специальных схем инверторных ячеек, можно создать условия для организации потока расплава вдоль стенок тигля вверх с образованием в верхней зоне тигля лунки, которая заполняется шлаком. Наличие такой лунки позволяет защитить расплав от прямого контакта с атмосферой, а также снизить разрушительное действия шлака на футеровку печи. При концентрации мощности печи в верхней зоне тигля создаются благоприятные условия для проведения металлургической обработки расплава – для его науглероживания и легирования. В табл. 3.6.1 приведены технические характеристики современных тигельных индукционных печей. Для повышения эффективности работы индукционной печи в период расплавления была создана серия индукционно-плазменных печей ёмкостью до 1 т на основе сталеплавильных индукционных печей высокой частоты.

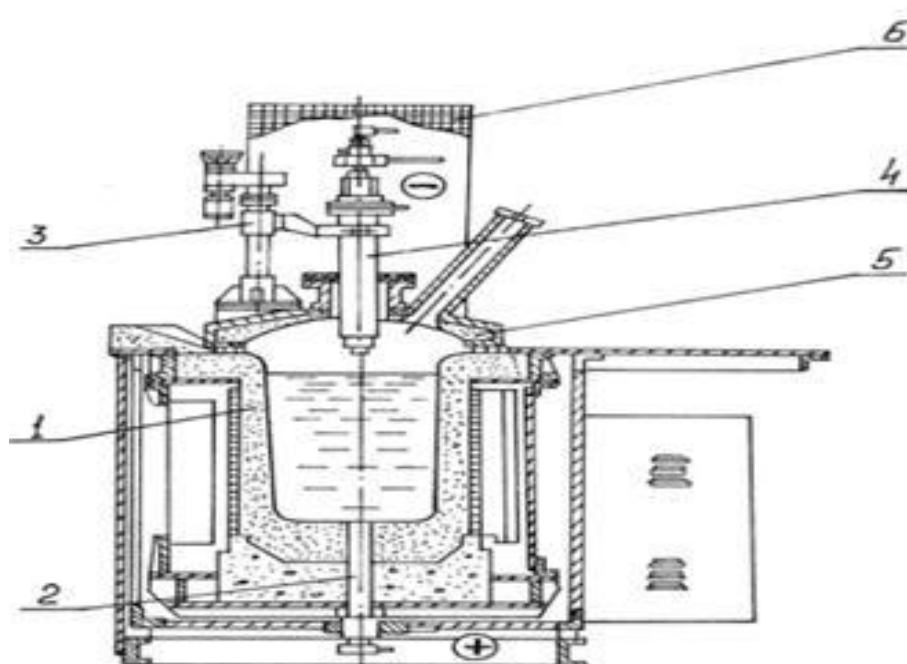


Рисунок 103. Индукционно - плазменная печь ёмкостью 1 т:

1 – тигель; 2 – подовый электрод; 3 – механизм подъёма плазмотрона;

4 – плазмотрон; 5 – крышка; 6 – вакуум - камера

Энергетически целесообразно расплавление шихты вести с использованием плазменного нагрева, а перегрев расплава – индукционного. В начальный период плазмотрон потребляет максимальную мощность, а индуктор - минимальную. По мере плавления верхних слоев металлозавалки увеличивают мощность, потребляемую индуктором, соответственно, снижая мощность, потребляемую плазмотроном. При этом в печи ёмкостью 1 т тепловой КПД возрастает с 52 до 77 %, производительность печи увеличивается от 0,25 до 0,42 т/ч, а удельный расход электроэнергии снижается с 830 до 560 кВт ч/т

Индукционные каналные печи нашли широкое распространение в качестве доводочных и раздаточных плавильных агрегатов в дулекс - процессе с другими печами, а также в качестве заливочных устройств литейных конвейеров. Почти полное отсутствие окисления и выдержка в каналной печи больших количеств металла позволяют в течение целых смен отливать совершенно однородные по химическому составу отливки. Применение индукционных каналных печей в качестве агрегата для плавки и перегрева чугуна обеспечивает ряд преимуществ, касающихся и качества металла, и организации производства. Появляется возможность получения чугуна более точного химического состава и с заданными механическими свойствами. Температура выпуска чугуна становится более стабильной, при этом процесс перегрева металла от температуры 1300 °С и выше оказывается более экономичным, чем при плавке в вагранке. Кроме того, наличие постоянного запаса металла в печи обеспечивает стабильность работы цеха, уменьшает простои оборудования.

В настоящее время созданы конструкции индукционных каналных печей двух серий: серии ИЧКМ, предназначенной для перегрева и выдержки чугуна, и серии ИЧКР - для поддержания устойчивой температуры жидкого чугуна и заливки его непосредственно в литейные формы.

Канальная индукционная печь имеет форму горизонтально расположенного барабана с двумя боковыми стенками со стальным кожухом 2, футерованным изнутри .

Индукционная единица 1, как правило, выполняется отъемной, сменной и устанавливается в наиболее глубокой части ванны, что предотвращает возможность опорожнения канала при повороте печи механизмом 3. Печь имеет заливочную лётку 4, а также выпускную лётку для слива чугуна.

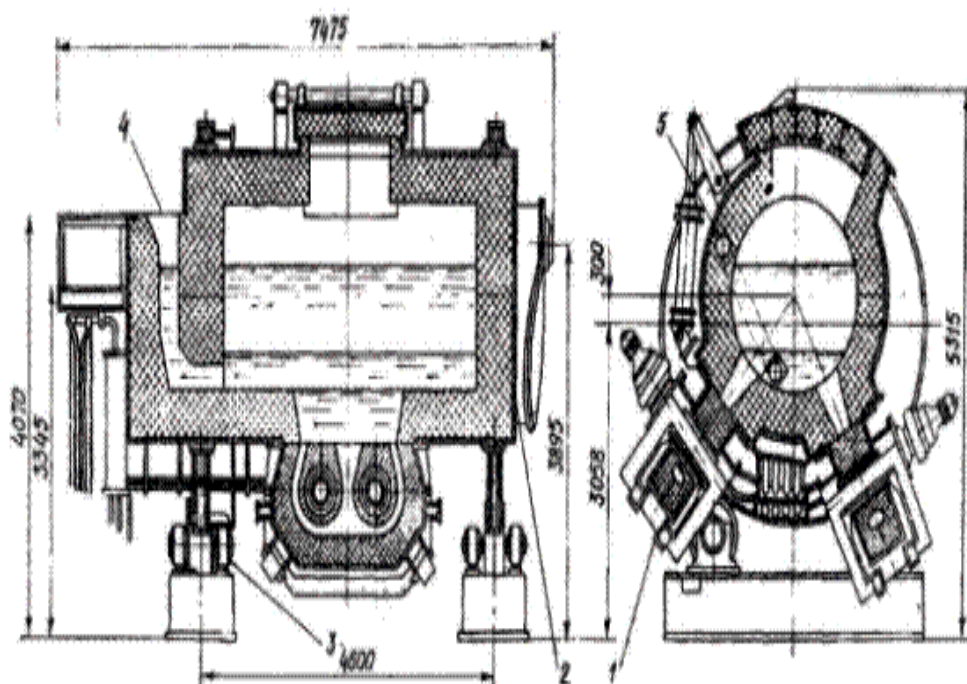


Рисунок 104. Индукционная канальная печь серии ИЧКМ

Конструктивная часть индукционной канальной печи - индукционная канальная единица представляет собой трансформатор с железным сердечником (рис. 5.18). Первичной обмоткой его являются витки катушки индуктора, а вторичной - короткозамкнутый виток расплавленного металла в канале. Токи, индуцируемые в витке металла, нагревают его и создают условия для перемешивания жидкого металла в канале и в ванне печи.

Индукционная канальная единица представляет собой трансформатор с железным сердечником. Первичной обмоткой его являются витки катушки индуктора, а вторичной - короткозамкнутый виток расплавленного металла в канале. Токи, индуцируемые в витке металла, нагревают его и создают условия для перемешивания жидкого металла в канале и в ванне печи.

Канальные печи отличаются от тигельных печей более высоким КПД: средний удельный расход электроэнергии при перегреве в них металла ниже на 30—40 %.

Индукционные канальные заливочные печи (ИЧКР) выпускают шести типоразмеров вместимостью от 0,4 до 4,0 т. Печи (миксеры) этой серии должны устанавливаться около литейного конвейера и осуществлять выдачу заданной порции расплавленного чугуна непосредственно в литейную форму. Так как основное назначение миксеров состоит в

поддержании стабильной температуры расплава, мощность их невелика и не превышает 180 кВА.

Для плавки чугуна наибольшее применение получили индукционные тигельные печи. Они обладают рядом преимуществ перед другими плавильными агрегатами:

- высокий КПД при перегреве (до 85 %);
- возможность применения защитных атмосфер для ведения технологического процесса.
- возможность получения точного химического состава,
- низкий угар элементов (что особенно важно при выплавке легированного чугуна),
- высокий перегрев металла,
- возможность использования в шихте большого количества стальных отходов и стружки.

При плавке в индукционных печах теплота для плавки и перегрева возникает в самой металлической шихте: металл располагается в тигле, окруженном индуктором, по которому идет переменный ток, он возбуждает в металлошихте вихревые токи, разогревающие, плавящие и перегревающие ее.

При плавке в индукционных печах, характеризующейся холодными и малоактивными шлаками, необходимо использовать чистую по сере и фосфору шихту

Футеровка индукционных печей. В качестве футеровочного материала индукционных печей применяют кислые огнеупоры на основе оксидов кремния (SiO_2), нейтральные огнеупоры на основе оксида алюминия (Al_2O_3) и основные огнеупоры на основе оксида магния (MgO). Наибольшее распространение при изготовлении тиглей получила сухая набивная масса, основой которой являются молотые кварциты или кварцевые пески с высоким содержанием диоксида кремния (SiO_2) - не менее 97 %.

Кварциты должны содержать минимум вредных примесей (K_2O , Na_2O) и иметь определенный гранулометрический состав. Перед их использованием целесообразно проводить предварительный обжиг при температуре 1200-1500 °С для того, чтобы как можно больше кварца из β формы трансформировалось в α – кристобалит, который имея меньший коэффициент линейного расширения по сравнению с другими модификациями кварцита, снижает напряжения в футеровке при её нагреве и предотвращает образование трещин.

Рекомендуют следующий гранулометрический состав: 40 % фракции 0,05-0,16 мм; 10 % фракции 0,16-1,0 мм и 50 % фракции 1,0-2,5 мм. Он обеспечивает высокую однородность и максимальную плотность футеровки.

Спекание сухой набивной массы достигается обычно за счет добавок борной кислоты в количестве 1,5-2,0 % от массы огнеупорного материала. Количество борной кислоты, вводимое в огнеупорную массу, зависит от температуры, при которой футеровка будет работать: чем выше температура, тем меньше кислоты вводят в смесь. В формовочную массу, предназначенную для футеровки верха печи, вводят до 2 мас.% борной кислоты, а в массу, используемую для футеровки нижней части тигля, до 1,5 мас.%.

Набивку тигля осуществляют с использованием металлического или графитового шаблона. После набивки футеровку сушат и спекают по специальному режиму.

Стойкость тигля зависит от многих факторов: зернового состава огнеупорной массы, технологии набивки, режима спекания, состава шихты, температуры перегрева металлической ванны и т. д. Обычно тигель выдерживает от 100 до 300 плавов.

Достоинство кислой кварцитовые футеровки - ее невысокая стоимость и хорошая спекаемость.

Однако она имеет и ряд недостатков: невысокую термодинамическую стойкость и низкую, химическую стойкость к шлаку с высоким содержанием FeO. Первый недостаток связан с тем, что материал футеровки восстанавливается углеродом чугуна при высоких температурах за счет протекания «тигельной реакции». Второй недостаток связан с тем, что материал футеровки активно химически взаимодействует с монооксидом железа с образованием силикатов железа $n\text{FeO} \cdot m\text{SiO}_2$. И в том, и в другом случае происходит разъедание футеровки. Поэтому с увеличением содержания стального лома в шихте (особенно ржавого и стружки) стойкость футеровки снижается. Для повышения стойкости тигля в этом случае необходимо вводить проводить раскисление шлака (с целью снижения в нем FeO) путем присадки в ванну жидкого металла силикокальция совместно с графитом. Это позволяет в 1,5 раза снизить расход ферросилиция на раскисление чугуна в ковше и снизить расходы на футеровку печи за счет повышения ее стойкости.

Высокими свойствами в отношении термостойкости, огнеупорности и шлакоустойчивости применительно к условиям выплавки чугуна в индукционных печах обладают высокоглиноземистые материалы, в частности на основе дистенсилиманита или

муллитокорунда. Набивные массы на основе Al_2O_3 успешно применяются не только для футеровки тигельных индукционных печей, но и для канальных. Стойкость индукционных единиц канальных печей, набитых такими массами достигает 10 месяцев и более.

Основные огнеупорные футеровки для индукционных печей используются довольно редко, так как в печи образуется кислый шлак.

Имеются попытки применения более дорогих, но обладающих высокой огнеупорностью, достаточной шлакоустойчивостью и хорошей термической устойчивостью цирконовых и хромомagneзитовых материалов.

При индукционной плавке вследствие активного перемешивания расплава интенсифицируется взаимодействие футеровки, как с расплавом, так и со шлаком. Вследствие протекания тигельной реакции (восстановления кремния углеродом по реакции $SiO_2 + [C] = [Si] + \{CO\}$) происходит разгар футеровки. В зоне шлакового пояса обычно наблюдается повышенный износ футеровки вследствие его растворения в шлаке. Но в некоторых случаях в этой зоне, наоборот, происходит зарастание стенки футеровки за счет осаждения тугоплавких продуктов окисления компонентов шихты и образование трудноудаляемой настыви, которая затрудняет дальнейшую эксплуатацию тигля.

Плавку стали в индукционных тигельных печах можно осуществлять кислым и основным процессом.

В кислом тигле индукционных печей, как и в кислых дуговых печах, нежелательно выплавлять стали, содержащие марганец, титан, алюминий, цирконий и другие активные элементы, так как окислы марганца, взаимодействуя с кислой футеровкой, могут вызвать ее преждевременный износ, а титан, алюминий, цирконий энергично восстанавливают кремний шлака и футеровки.

При проведении кислой индукционной плавки, как и вообще при всех кислых процессах, отсутствуют условия для перехода из металла в шлак фосфора и серы. Кроме того, в индукционных печах в связи с более низкой температурой шлака и большей глубиной ванны менее благоприятны условия и для окисления углерода. И хотя избыток углерода можно удалить, все же не рекомендуется, чтобы содержание углерода в шихте превышало более чем на 0,1% допустимое его содержание в готовой стали, а содержание фосфора и серы должно быть ниже допустимых пределов для стали.

В индукционных печах с кислым тиглем плавку ведут, как правило, без окисления.

Большинство легирующих добавок дают в завалку. В связи с быстрым ходом плавки не остается времени для многократной проверки состава металла, поэтому плавка базируется на предварительном расчете, точном знании состава шихты и ее тщательном взвешивании.

Плавка стали в основных индукционных тигельных печах

При плавке стали в индукционных печах с основным тиглем можно использовать любой скрап, так как процесс выгорания марганца, кремния и углерода протекает достаточно быстро, а при необходимости в основной печи можно удалять также фосфор и серу. Но так как индукционные печи вследствие более низкой температуры шлака и меньшей удельной поверхности раздела металл—шлак приспособлены для этих процессов хуже, чем дуговые печи, то в индукционных печах целесообразнее плавку осуществлять переплавом или сплавлением чистых шихтовых материалов.

Ниже рассмотрены элементы технологии плавки стали в индукционной печи с основным тиглем на «свежей» шихте.

Шихтовые материалы и их загрузка в печь

Шихту для индукционных печей следует составлять, учитывая рациональный подбор размеров кусков шихты и плотную их укладку в печи. В мелких кусках шихты генерируется недостаточно высокая удельная мощность, и это приводит к увеличению длительности плавления и расхода электроэнергии. Чем ниже частота тока, тем больше глубина его проникновения и тем меньше удельная мощность. Поэтому размеры кусков шихты следует увеличивать с уменьшением частоты тока. Рекомендуют следующие соотношения:

Шихта не должна быть сильно окислена, так как при этом между отдельными кусками получается плохой электрический контакт, вихревые токи замыкаются в каждом отдельном куске шихты, а это увеличивает продолжительность плавления и расход электроэнергии. Плавка проходит тем быстрее и электроэнергии расходуется тем меньше, чем плотнее уложена шихта. Наиболее рационально шихту укладывать следующим образом.

На дно тигля для смягчения даров крупных кусков уложить мелкую шихту и с целью предохранения металла от окисления завалить немного шлака, ферромарганца и ферросилиция. На дно следует присаживать также тугоплавкие ферросплавы, температура плавления которых выше достигаемых в тигле температур. При таком расположении они начнут растворяться сразу после появления первых порций жидкого металла.

Наиболее крупные куски уложить у стенок тигля на $2/3$ высоты индуктора так, чтобы магнитные силовые линии пересекали максимальную площадь сечения куска.

Остальную часть шихты загружать до $2/3$ высоты по оси тигля с максимальной плотностью укладки, а выше — менее плотно. Не рекомендуется заполнять тигель выше уровня индуктора, так как куски, лежащие выше индуктора, не пересекаются магнитными силовыми линиями и нагреваются в основном вследствие теплопроводности от нижележащих кусков, но затрудняют осаживание шихты в процессе плавления.

На малых печах шихту загружают вручную. Печи большой емкости можно загружать бадьей, что позволяет сократить время загрузки до 1—2 мин.

После окончания загрузки индукционную печь необходимо закрыть крышкой и включить ток. В начале периода плавления сначала, после включения печи, между кусками шихты в местах их плохого контакта происходят замыкания. В цепи индуктора эти замыкания вызывают толчки тока, поэтому плавление начинают на пониженной мощности источника. По мере прекращения толчков источник тока переключают на полную мощность.

Плавление шихты начинается в первую очередь на половине высоты индуктора у стенок тигля, затем постепенно распространяется вниз и вверх. Сообразно с этим шихта должна иметь возможность опускаться и погружаться в жидкий металл. Однако в верхней части тигля куски шихты могут заклиниваться и свариваться, образуя «мосты». Зависание шихты крайне нежелательно, так как оно может привести к сильному неконтролируемому перегреву жидкого металла и разрушению футеровки. Даже временное зависание шихты увеличивает продолжительность плавления и расход электроэнергии. Для устранения зависания шихту в процессе плавления необходимо периодически осаживать при помощи ломика с резиновой изоляцией ручки.

По мере оседания шихты постепенно погружают оставшуюся часть ее, следя за тем, чтобы холодные куски не попадали в жидкий металл, так как это может вызвать вскипание

металла и сваливание холодной шихты в верхней части тигля с образованием трудноустраняемых мостов. Нельзя допускать также оголения металла, поскольку это ведет к окислению и насыщению его газами. Во избежание этого при необходимости в тигель по ходу плавления присаживают шлаковую смесь, состоящую из извести, плавленого шпата и шамота.

Во время плавления необходимо следить за показаниями приборов и поддерживать максимальную мощность источника тока. По мере прогрева и оплавления шихты реактивная мощность установки изменяется, что требует периодической подстройки контура в резонанс. Подстройку осуществляют включением или отключением конденсаторов.

Окисление примесей

Окисление марганца, кремния и фосфора, при плавке стали в индукционной печи, происходит уже в период плавления. При высоком содержании фосфора в шихте шлак периода плавления во избежание восстановления фосфора при повышении температуры необходимо удалить. Новый шлак наводят из извести, плавленого шпата шамота. Чтобы повысить активность сравнительно холодных шлаков при индукционной плавке, содержание плавленого шпата в шлаковой смеси увеличивают до 20%. Такие шлаки интенсивно разрушают футеровку печи, поэтому в индукционной печи стараются не применять процессы, требующие активного участия шлака.

Чтобы улучшить взаимодействие между шлаком и металлом, шлак от потерь тепла изолируют (закрывают тигель крышкой) или даже подогревают дугой, элементами сопротивления и другими способами.

При необходимости дополнительного окисления примесей (фосфора и углерода) в тигель малыми порциями присаживают железную руду и шлаковую смесь. Интенсивное кипение металла в тигле может привести к выплескиванию металла, поэтому очередную порцию руды присаживают лишь после успокоения ванны. Расход железной руды составляет 3—5% от массы стали.

Окисление примесей возможно также и путем продувки металла газообразным кислородом, имея, однако, в виду, что интенсивность продувки стали в связи с

опасностью его выплескивания из тигля должна быть невелика. В среднем окисление примесей редко продолжается более 15 мин.

Раскисление и рафинирование

В индукционных печах возможно осуществлять и диффузионное, и глубинное раскисление. Технология раскисления металла в индукционной печи мало отличается от технологии раскисления в дуговых электропечах. Однако интенсивное электродинамическое движение металла значительно ускоряет процессы раскисления, распределения присадок и рафинирования металла от продуктов раскисления. Поэтому в индукционных печах раскисление и рафинирование металла требуют меньшего времени. В то же время преимущества диффузионного раскисления в связи с низкой температурой шлака выражены в индукционных печах еще слабее, чем в дуговых.

При необходимости в индукционных печах можно проводить и десульфурацию металла. Для этого необходимо несколько раз скачивать и наводить высокоосновной восстановительный шлак, применять подогрев шлака, увеличивать расход плавикового шпата. Это вызывает увеличение продолжительности плавки, снижает стойкость футеровки печи, усложняет работу. Поэтому в большинстве случаев стремятся так подбирать шихту и так вести процесс, чтобы необходимость специального проведения десульфурации была исключена.

Тема : Заливка, очистка и термическая обработка стальных отливок

Разливку стали производят ковшами через носик лишь при заливке небольших форм. Средние и крупные отливки заливаются стопорным ковшом в форму.

Высоколегированные стали заливают из ковша через носик или с помощью стопорных ковшей. При заливке стали из стопорного ковша устраняется возможность попадания шлака в форму, так как шлак плавает над металлом. Емкость стопорных ковшей составляет 1,0 — 50 т и выше.

Температура заливки толстостенных отливок должна быть на 100° выше температуры плавления стали, а тонкостенных отливок выше на 150—160°.

Очистка отливок. После выбивки отливок из формы на их поверхности остается пригоревшая формовочная смесь и заусенцы, которые очищают в обрубном отделении цеха. Очистку отливок производят следующими способами:

- Дробеструйной или дробеметной обработкой. Очистку производят в барабанах, на столах или в камерах непрерывного или периодического действия. Струю чугунной или стальной дроби направляют на поверхность отливки с большой скоростью.

Схема дробеметного ленточного барабана. Торцовые стенки 3 барабана неподвижны, верхняя часть боковой поверхности образована крышкой 2, неподвижной при работе барабана. Дно барабана образовано пластинчатой лентой 5. Отливки, увлекаемые лентой при ее движении снизу вверх, перекатываются, подвергаясь при этом действию струи дроби, выбрасываемой лопатками турбины (не показанной на чертеже) со скоростью 70 м/сек. После окончания очистки крышку открывают, ленту пускают в обратную сторону, как показано стрелкой и отливки выбрасывают в ящик 6. В эти барабаны отливки загружают ковшовым элеватором 4. Металлическая дробь очищается от пыли и подается элеватором 1 в дробеструйный аппарат. Очистка отливок в барабане продолжается 15 — 20 мин.

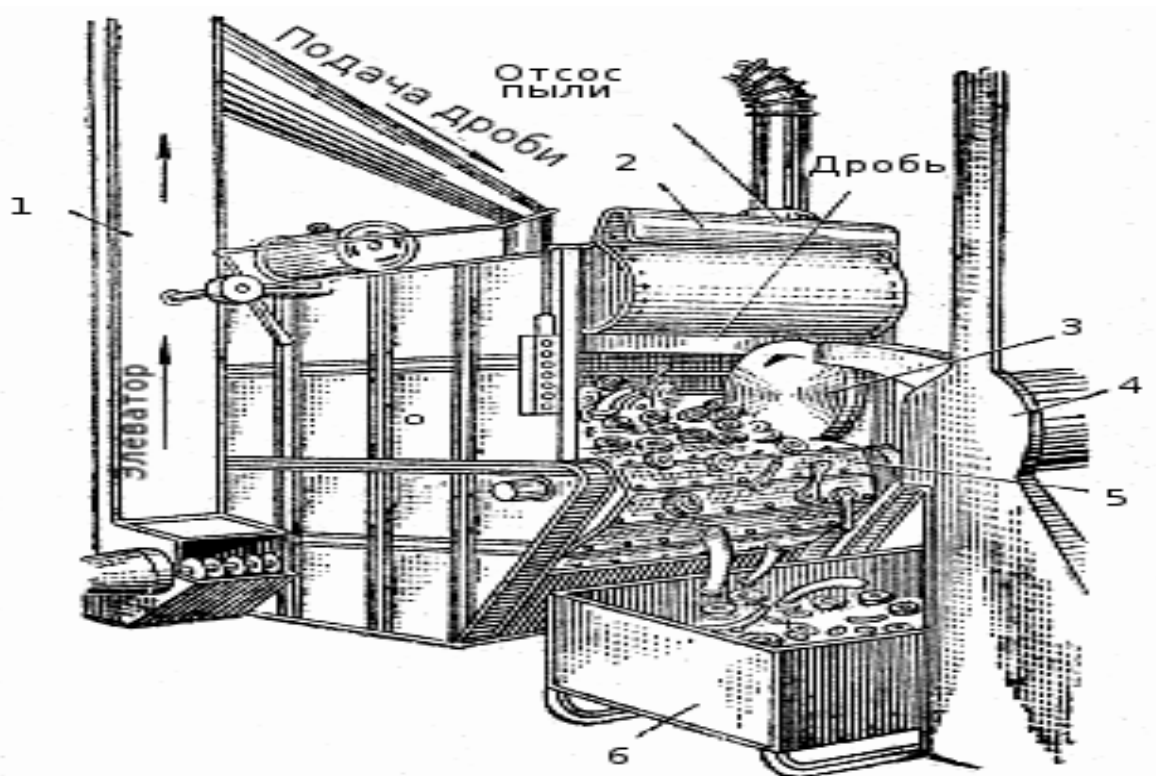


Рисунок 105. Дробеметный ленточный стол

- Ударным действием гидравлической или пескогидравлической струи. На поверхность отливки направляют струю воды или смесь воды с песком под давлением 35 атм.
- Электроконтактным способом, который основан на воздействии теплового эффекта электрического тока на отливку.
- В ваннах с расплавленной или растворенной солью. Отливки помещают в корзины, которые при движении конвейера опускаются в ванну. Под действием соли пригоревшая формовочная смесь отстает от отливки.
- В растворах жидкостей ультразвуковым методом. Отливки погружают в жидкость, которую приводят в колебательное движение с частотой, превышающей частоту звуковых колебаний.
- Абразивным инструментом на станках или непрерывной лентой.

Термическая обработка стальных отливок.

Термическая обработка отливок. При затвердевании и охлаждении стальные отливки имеют крупнозернистую структуру, обладающую высокими прочностными свойствами.

Для измельчения структуры и снятия внутренних напряжений стальные отливки отжигают. После отжига увеличивается предел прочности при растяжении, относительное удлинение и ударная вязкость стали. Температура отжига должна быть выше точки A_{c3} на диаграмме состояния на 30-50°C.

Выдержка отливок при температуре отжига должна быть такой, чтобы обеспечить равномерный прогрев отливок по сечению. Для тонкостенных отливок длительность нагрева около 1 ч, для более крупных, толстостенных – 4-6 ч. При выдержки отливок в печи более оптимальной структура вновь может укрепляться. Отливки после отжига охлаждают с печью.

Для придания отливкам тех или иных прочностных характеристик, их кроме отжига подвергают различным видам термической обработки.

Нормализацию применяют для измельчения первичной структуры отливок, а также как подготовительную операцию для последующей термической обработки. При нормализации отливки нагревают выше точки A_{c3} , выдерживают и охлаждают по обычным режимам отжига.

Высокий отпуск применяют для повышения ударной вязкости, снижения твёрдости отливок. Для этого отливки нагревают до 500-600°С со скоростью 30-40° С/ч; выдерживают 1-2 ч и охлаждают на воздухе.

Для углеродистой и низкоуглеродистой стали рекомендуются следующие виды термической обработки: отжиг – для отливок, склонных к образованию значительных внутренних напряжений; нормализация – для простых отливок; нормализация и отпуск – для отливок повышенного и особо качества, не склонных к сильному колебанию при ускоренном охлаждении на воздухе.

Нормализация с отпуском повышает пластические свойства и ударную вязкость стали. При установлении режима термической обработки стальных отливок необходимо учитывать, что отливки можно загружать в печь, нагретую до температуры не выше 350° С. Если отливки имеют очень сложную конфигурацию и в них возникают внутренние напряжения, то при достижении в печи 650-700° С следует делать выдержку в 2 раза меньшей продолжительности, чем при максимальной температуре отжига или нормализации. Отливке после выдержки при отжиге следует охлаждать вместе с печью до 300-350°С, мелкие и средние со скоростью 30-50° С/ч, а более крупные и сложные 25-30° С/ч.

Температура отпуска зависит от требуемых механических свойств. при повышении температуры отпуска после нормализации пластические свойства улучшаются, а прочность несколько уменьшается. Выдержка при отпуске отливок со стенками толщиной 25 мм составляет 2 ч, для массивных отливок на каждые 25 мм толщины прибавляют сверх того 30 мин. После отпуска отливки охлаждают на воздухе, кроме тех случаев, когда возможно появление хрупкости, тогда отливки необходимо охлаждать в воде. Для снятия напряжений после закалки отливки подают в нагретую печь для отпуска.

Тема : Состав и свойства медных сплавов

Классификация и маркировка медных сплавов. По техническим свойствам медные сплавы делятся на деформируемые (ГОСТ18175-78) и литейные (ГОСТ613-83); по способности к закалке – термоупрочняемые и нетермоупрочняемые; по химическому составу на бронзы (Cu + другие элементы, кроме Zn) и латуни (Cu+Zn и другие элементы). В медных сплавах легирующие элементы обозначаются следующим образом: О-олово, С-свинец, А-алюминий, Ж-железо, Мц-марганец, Н-никель, К-кремний, Ф-фосфор, Б-бериллий, Мн-марганец. Бронзы маркируются буквами «Бр» (бронза) и буквами и цифрами: буквы означают название элемента, а цифры – его количество в сплаве в процентах. Например, Бр05Ц5С5 содержит 5 % олова, 5 % цинка, 5 % свинца, остальное – медь.

Латуни маркируются буквой «Л» (латунь) и цифрой, показывающей содержание легирующего элемента в процентах. В марках легированных латуней кроме цифры, указывающей содержание цинка, даются буквы и цифры, обозначающие название и количество в процентах легирующих элементов. Например, ЛЦ35А3Ж2Мц1 содержит: 35%Zn, 3 %Al, 2 %Fe, 1%Mn, остальные 59 % составляет Cu.

Бронзы имеют более высокие по сравнению с латунями прочностные, антифрикционные, коррозионостойкие свойства, но являются более дорогими.

Латуни. Медь с цинком образует твердый раствор высокой концентрации.

Латуни (ГОСТ17711-74) бывают двойные (Cu+Zn) и многокомпонентные (Cu+Zn+Pb, Ni, Si и т.д.). Двойные латуни делятся на две группы:

1. Однофазные ($Zn < 39 \%$), имеющие структуру α твердого раствора (Л62, Л68 и др.).

2. Двухфазные ($Zn > 39 \%$), имеющие структуру $(\alpha + \beta)$ твердого раствора (Л60 и др.)

Однофазные латуни пластичны, хорошо поддаются пластической деформации в холодном, и хуже в горячем состоянии, поэтому латунь применяется для изготовления листов, проволоки, ленты путем холодной прокатки. Для прокатки в горячем состоянии применяется двухфазная латунь.

Латуни имеют хорошие литейные свойства, хорошо обрабатываются резанием, хорошо прирабатываются, полируются и противостоят износу. Электро и теплопроводность

составляет 20-50 % от меди, коррозионная стойкость хуже, чем у меди из-за наличия примесей.

Механические свойства латуней невысоки:

для α -латуней: $\sigma_b = 260-300$ МПа, $\delta \% = 40-50$ %;

для $\alpha+\beta$ латуней: $\sigma_b = 350-400$ МПа, $\delta \% = 20-30$ %.

Многокомпонентные латуни относятся к специальным, имеющим дополнительно те или иные свойства. Обычно латуни легируются Pb, Sn, Si, Ni, Al и др.

Алюминий повышает прочность, твердость и коррозионную стойкость. Алюминиевая латунь ЛЦ21А2 обладает высокой коррозионной стойкостью в морской воде.

Олово повышает коррозионную стойкость в морской воде, поэтому оловянные латуни называются «морскими» и применяются в судостроении (ЛЦ8701, ЛЦ2901 и др.)

Кремний улучшает коррозионную стойкость, жидкотекучесть, свариваемость, способность к деформации как в холодном, так и горячем состоянии, поэтому кремнистые латуни (например, ЛЦ17К3) применяются в виде сложных фасонных отливок, поковок, прутков, штамповок и т.д.

Свинец улучшает обрабатываемость резанием, поэтому свинцовую латунь (например, ЛЦ40С) называют «автоматной», то есть предназначенной для обработки на станках-автоматах.

Никель улучшает механические свойства и повышает коррозионную стойкость, поэтому никелевые латуни типа ЛЦ30Н5 применяются в морском судостроении и в химическом машиностроении.

Бронзы. Бронзы - двойные или многокомпонентные сплавы на основе меди. В качестве легирующих элементов применяется олово (О), свинец (С), алюминий (А), железо (Ж), марганец (Мц), никель (Н), кремний (К), фосфор (Ф), бериллий (Б) и другие элементы. Sn, Al, Ni, Si увеличивают прочность, упругость и коррозионную стойкость; Pb, P, Zn придают бронзе антифрикционные свойства; Mn и Si – жаростойкость, Fe и Ni – измельчают зерно и повышают твердость и прочность; Be повышает упругость и прочность.

По химическому составу бронзы делятся на оловянные (до 10 % Sn по ГОСТ 613-79) и безоловянные (ГОСТ 18175-78), а по технологическим признакам - на литейные и обрабатываемые давлением.

Оловянные бронзы хорошо обрабатываются резанием, хорошо паяются, хуже свариваются, имеют очень малую усадку ($<1\%$), но образуют рассеянную пористость, что препятствует получению из них герметичных деталей. Они имеют низкий коэффициент трения, хорошую притираемость и износостойкость при работе в паре со сталью, что в сочетании с высокой теплопроводностью и хорошими механическими свойствами позволяет использовать их для подшипников скольжения ответственного назначения, работающих при высоких давлениях и скоростях. Широкое распространение получили литейные оловянные бронзы Бр010Ф1, Бр03Ц12С5 и некоторые другие. Бронза Бр010Ф1, идущая на изготовление подшипников скольжения, имеет следующие свойства: $\sigma_b=300$ МПа, $\delta=3\%$.

Бронзы, обрабатываемые давлением, хорошо куется, штампуются, прокатываются. Оловянные бронзы БР04Ц3, Бр04С4Ц4 применяются для изготовления полуфабрикатов (лент, полос, прутков) и деталей из них. Бр04С4Ц4 имеет следующие механические свойства: $\sigma_b=350$ МПа, $\delta=40\%$, НВ=60. Деформируемые бронзы, наряду с хорошей электропроводностью, коррозионной стойкостью, антифрикционностью, обладают высокими упругими свойствами и сопротивлением усталости. Их используют для изготовления пружинящих деталей во многих отраслях промышленности.

Алюминиевые бронзы отличаются высокими механическими, антифрикционными и антикоррозионными свойствами. Они обладают высокой жидкотекучестью, хорошей герметичностью, образуют концентрированную усадочную раковину. Алюминиевые бронзы делятся на однофазные (БрА5, БрА7 имеющие $\sigma_b=450$ МПа, $\delta=60\%$) и двухфазные (БрА10 имеющие $\sigma_b=600$ МПа, $\delta=15\%$). Двухфазные можно подвергать упрочняющей термообработке: закалке и последующему старению. Легирование алюминиевых бронз улучшает их свойства: механические, технологические, эксплуатационные и др. Так БрА10Ж4Н4 в отожженном состоянии имеет $\sigma_b=650$ МПа, $\delta=35\%$, НВ=160, после закалки имеет $\sigma_b=800$ МПа, $\delta=3\%$. Алюминиевые бронзы применяются как в виде проката и поковок (прутки, ленты), так и в виде фасонных отливок для деталей ответственного назначения. Из них изготавливают детали, работающие в тяжелых условиях износа при повышенных температурах (400-500°C): седла клапанов, детали насосов, турбины, шестерни, венцы колёс и т.д.

Свинцовистые бронзы сочетают хорошие антифрикционные свойства с высокой теплопроводностью. Они хорошо воспринимают ударные нагрузки и имеют высокий предел выносливости, поэтому применяются для ответственных высоконагруженных подшипников скольжения, работающих при больших скоростях. Наибольшее распространение получила бронза БрС30 ($\sigma_b=160$ МПа, $\delta=8$ %), применяемая для подшипников скольжения коленчатого вала КАМАЗА, тракторов и других машин.

Кремнистые бронзы имеют хорошие механические свойства, в том числе пружинящие и антифрикционные свойства, а также высокую коррозионную стойкость. Бронзы пластичны, хорошо обрабатываются давлением, хорошо свариваются, паяются, удовлетворительно обрабатываются резанием. Литейные свойства ниже, чем у оловянных. Легированные кремнистые бронзы могут подвергаться закалке и старению. БрК1Н3 после закалки и старения имеет $\sigma_b=740$ МПа, $\delta=8$ %. Из кремнистых бронз изготавливают ленты, полосы, прутки, проволоку, идущие на производство пружин, мембран и тому подобных деталей.

Бериллиевые бронзы отличаются чрезвычайно высоким пределом упругости и прочности, твердостью, коррозионной стойкостью, повышенным сопротивлением усталости, хорошо обрабатываются резанием и свариваются точечной сваркой, не дают искр при ударе, сохраняют свойства до 500°C . Бериллиевые бронзы выпускаются в виде полос, лент, проволоки, а также в виде фасонных отливок и могут подвергаться упрочняющей термообработке закалке и старению. Бронза БрБ2 после закалки и старения имеет $\sigma_b=1250$ МПа, $\delta=2,5$ %, $\text{HB}=370$. Из бериллиевых бронз изготавливают детали особо ответственного назначения: упругие элементы точных приборов, подшипники, инструменты (зубила, молотки и т.д.) не дающие искр.

Марганцевые бронзы отличаются высокой коррозионной стойкостью и жаропрочностью. Бронзы имеют хорошую жидкотекучесть, хорошо обрабатываются давлением. Наиболее широко применяется бронза БрМц5, ($\sigma_b=300$ МПа, $\delta=40$ %), которая сохраняет свойства до температуры 400°C . Бронза выпускается в виде поковок, листов, лент, идущих на изготовление деталей, работающих при повышенных температурах (например арматура паровых котлов и т.д.).

Химический состав медных сплавов и технические характеристики

Во многих отраслях промышленности широко используются различные сплавы на основе меди, подразделяющиеся на бронзы и латуни. Бронзами называют медные сплавы, в

которых основными легирующими компонентами являются: олово, алюминий, марганец, кремний, бериллий, железо и другие элементы. Название бронзы дается по основному легирующему компоненту. Изготавливают бронзы оловянные, в которых преобладающим легирующим компонентом является олово, и безоловянные (специальные) – сплав меди с алюминием, железом, марганцем, никелем и др. Химический состав оловянных литейных бронз должен соответствовать ГОСТ 613-79, безоловянных – ГОСТ 493-79.

Таблица 22 .Химический состав литейных бронз по ГОСТ 493-79, 613-79

Марка	Основные компоненты							Примеси, не более
	Олово	Цинк	Свинец	Алюминий	Железо	Прочие	Медь	
	Sn	Zn	Pb	Al	Fe		Cu	
БрО5Ц5С5	4-6	4-6	4-6	-	-	-	Остальное	1,3
БрО8С12	7-9	-	11-13	-	-	Никель < 2,0	“	0,75
БрО8С21	7-9	-	19-23	-	-	Никель < 2,0	“	0,75
БрО10Ф1	9-11	-	-	-	-	Фосфор 0,4 – 1,1	“	1
БрА9ЖЗл	-	-	-	8-10,5	2-4	-	“	2,7
БрА10ЖЗМц2	-	-	-	9-11	2-4	Марганец 1,0 – 3,0	“	1
БрА10Ж4Н4л	-	-	-	9,5-11	3,5-5,5	Никель 3,5 – 5,5	“	1,5

Прочность и твердость бронз увеличивается с возрастанием содержания упрочняющих легирующих элементов.

Латуни представляют собой сплав меди с цинком, в котором могут содержаться также и другие элементы (кремний, алюминий, железо, марганец, свинец).

Таблица 23. Химический состав литейных латуней по ГОСТ 17711-80

Марка	Основные компоненты							Примеси, не более
	Медь	Алюминий	Железо	Марганец	Свинец	Räni	Цинк	
	Cu	Al	Fe	Mn	Pb	Si	Zn	
ЛЦ38Мц2С2	57-60	-	-	1,5-2,5	1,5-2,5	-	Остальное	2,2
ЛЦ30А3	66-68	2-3	-	-	-	-	"	2,6
ЛЦ23А6Ж3Мц2	64-68	4-7	2-4	1,5-3,0	-	-	"	1,8
ЛЦ16К4	78-81	-	-	-	-	3,0-4,5	"	2,5
ЛЦ14К3С3	77-81	-	-	-	2-4	2,5-4,5	"	2,3

Физико-механические и технологические свойства медных сплавов

Основное преимущество медных сплавов состоит в том, что они обладают высокой коррозионной стойкостью, тепло- и электропроводностью, хорошим сопротивлением износу, низким коэффициентом трения, хорошей притираемостью в паре с другими более твердыми материалами, хорошо работают при отрицательных температурах до -250С.

Из литейных оловянных бронз получают главным образом литые детали, работающие под давлением или в условиях трения.

Литейные безоловянные бронзы отличаются высокой прочностью и хорошими антифрикционными и коррозионными свойствами, а так же обладают рядом специальных свойств – высокими электропроводностью, теплопроводностью и паростойкостью. Применяются при изготовлении деталей, работающих в особо тяжелых условиях (зубчатые колеса, втулки, клапаны, шестерни для сверхмощных кранов и мощных турбин, червяки, работающие в паре с азотированными или цементированными сталями, подшипники, работающие при высоких удельных давлениях и ударных нагрузках). Благодаря особым свойствам (большая объемная усадка, повышенная окисляемость при плавлении и заливке) эти бронзы применяются главным образом для литья деталей простых форм.

Наибольшее распространение из безоловянных бронз получили алюминиевые бронзы. Они имеют хорошую коррозионную стойкость в пресной и соленой воде, хорошо противостоят

разрушению в условиях кавитации, обладают меньшим, чем оловянные бронзы, антифрикционным износом.

Таблица 24. Физико-механические и технологические свойства литейных бронз

Марка	Способ литья	Временное сопротив- ление σ_B , МПа (кгс/мм2)	Относительное удлинение после разрыва δ_S , %	Твердость по Бринеллю НВ, МПа (кгс/мм2)	Плот- ность г/см3	Коэффициент трения		Темп. заливки С°
		Не менее				Со смазкой	Без смазки	
БрО5Ц5С5	Песчаные формы	147,0 (15)	6	588(60)	8,82	0,0093	0,15	1150 – 1200
	В кокиль	176,2 (16)	4	588(60)	8,84			
БрО8С12	Песчаные формы	147,0 (15)	5	588(60)	9,1	0,005	0,1	1000 – 1040
	В кокиль	147,0 (15)	5	637(65)				
БрО8С21	Песчаные формы	147,0 (15)	5	392(40)	9,3	0,005	0,1	1000 – 1040
БрО10Ф1	Песчаные формы	215,5 (22)	3	784(80)	8,58	0,008	0,1	1050 – 1150
	В кокиль	245,0 (25)	3	882(90)	8,76			
БрА9ЖЗл	Песчаные формы	392,0 (40)	10	980(100)	7,5	0,054	0,18	1120 – 1200
	В кокиль	490,0 (50)	12	980(100)				
БрА10ЖЗМц2	Песчаные формы	392,0 (40)	10	980(100)	7,5	0,063	0,19	1120 – 1200

	В кокиль	490,0 (50)	12	1176(120)				
	Центро-бежный	490,0 (50)	12	1176(120)				
БрА10Ж4Н4л	Песчаные формы		5	1568(160)	8,2	0,12	0,23	1120 – 1240
	В кокиль	587,0 (60)	6	1668(170)				
	Центробежный		5	1568(160)				

*Для бронз всех марок характерны невысокая горячеломкость, высокая герметичность, средняя склонность к газонасыщению и высокая коррозионная стойкость; рабочие температуры 280 – 286С .

Латуням присущи все положительные свойства меди и других медных сплавов – высокая электропроводность и теплопроводность при более высокой прочности. Механические свойства отливок из латуней в значительной степени зависят от способа литья. Лучшими механическими свойствами обладают отливки, полученные литьем в кокиль.

Таблица 25. Физико-механические и технологические свойства литейных латуней

Марка	Способ литья	Временн ое сопротив - ление σ _B , МПа (кгс/мм2)	Относит. удлинен ие после разрыва, δ _s , %	Тверд. по Бринелл ю НВ, МПа (кгс/мм2)	Плотност ь, г/см3	Sulami s- temp. С°	Темп. заливк и С°	Коэффициент трения		Литей - ная усадк а, %
		Не менее						Со смазко й	Без смазк и	
ЛЦ38Мц2С2	Песчаные формы	245 (25)	15	80	8,5	880	940- 1080	0,016	0,24	1,8
	В кокиль	343 (35)	10	85						1,5-

										1,6
ЛЦ30А3	Песчаные формы	294 (30)	12	80	8,5	995	1055- 1155	-	-	1,55
	В кокиль	392 (40)	15	90						
ЛЦ23А6ЖЗМ ц2	Песчаные формы	686 (70)	7	160	8,5	900	960- 1080	-	-	1,8
	В кокиль									
	Центробе ж.	705 (72)		165						
ЛЦ16К4	Песчаные формы	294 (30)	15	100	8,5	900	960- 1080	0,01	0,19	1,7
	В кокиль	343 (35)		110						
ЛЦ14КЗСЗ	Песчаные формы	245 (25)	7	90	8,6	909	970- 1090	0,009	0,15	1,7

По механическим свойствам ряд многокомпонентных латуней превосходит оловянные бронзы и почти не уступает безоловянным бронзам (например, алюминиевым). Отливки из латуней имеют более однородные свойства в разных сечениях по сравнению с отливками из оловянных бронз. Латунь дешевле большинства литейных бронз. Литейные латуни применяют для изготовления фасонных отливок, которые нельзя выполнить или невыгодно изготавливать из деформированных полуфабрикатов. Для фасонного литья применяют сложнолегированные латуни; простые латуни используются сравнительно редко. Отливки из литейных латуней обладают высокой герметичностью и способны выдерживать давление до 30 – 40 Мпа.

Для плавки медных сплавов применяют дуговые, индукционные и отражательные пламенные печи. Минимальные потери цветных металлов при высокой производительности достигаются в процессе плавки в индукционных канальных и тигельных печах, которые широко используют при плавке латуней и алюминиевых бронз.

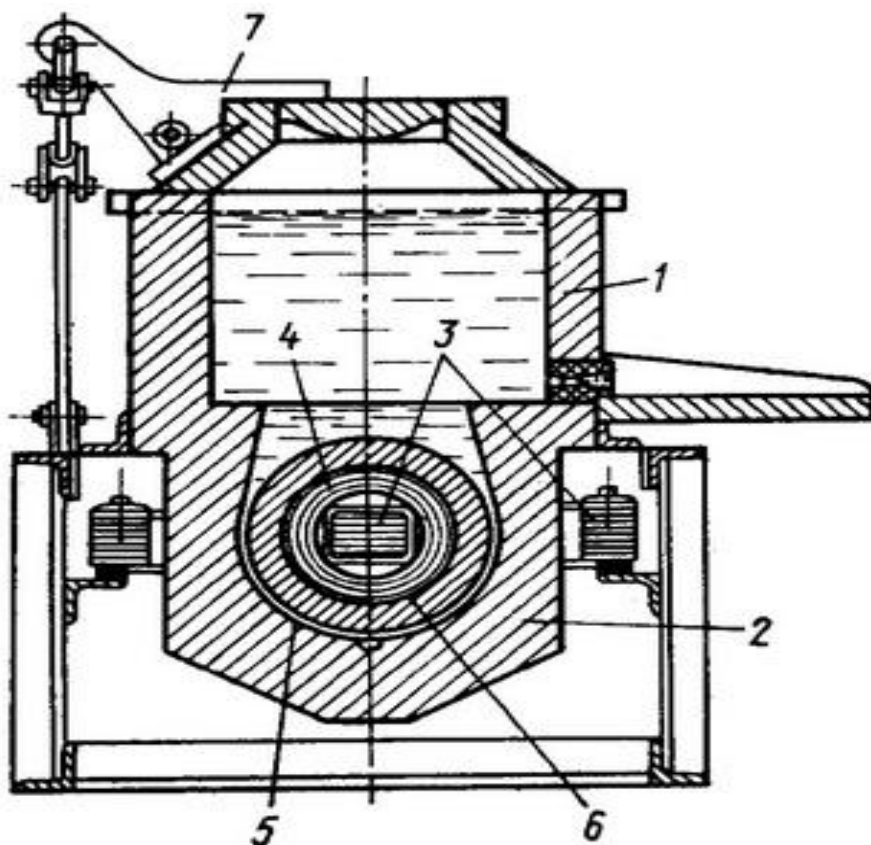


Рисунок 106. Индукционная плавильная печь канального типа:

1 — верхняя часть печи, 2 — нижняя часть печи, 3 — магнитная система печи, 4 — первичная обмотка трансформатора, 5 — канал с жидким металлом, 6 — защитный водоохлаждаемый экран, 7 — механизм подъема крышки

Шихтой при плавке медных сплавов являются стандартные чушковые бронзы и латунь, чистые металлы (медь, цинк, олово и др.), отходы собственного производства (литники, прибыли, брак), вторичные сплавы, получаемые из отходов производства. Для введения в сплав отдельных компонентов кроме чистых металлов используют лигатуры, являющиеся сплавами двух (реже трех) чистых металлов и имеющие температуру плавления ниже температуры плавления входящих в их состав компонентов.

В процессе плавки медные расплавы активно окисляются, образуя трудноудаляемые мелкодисперсные оксиды, загрязняющие расплав, и насыщаются водородом, что приводит к

образованию пористости, ухудшает плотность и герметичность отливок.

Для защиты медных сплавов от окисления плавку их проводят под флюсами, в качестве которых используют соду, буру, поваренную соль, бой стекла, криолит и древесный уголь. Чтобы предупредить образование нерастворимых мелкодисперсных оксидов, медь раскисляют перед введением легирующих компонентов. Наиболее распространенным раскислителем является фосфор в виде фосфористой меди (для медных сплавов с оловом и свинцом). Раскисление сплавов, содержащих в своем составе Zn, Al, Si, производят бериллием, обеспечивающим получение отливок высокой плотности.

Чтобы удалить взвешенные неметаллические включения и снизить содержание газов, медные сплавы перед разливкой рафинируют продувкой расплава инертными газами, вводя хлористый марганец (0,1—0,2%) или обрабатывая расплав рафинирующими фторидными флюсами. Расплавы бронз и латуней, содержащие алюминий, модифицируют введением циркония, ванадия, титана, вольфрама (0,05—0,2%), а не содержащие алюминия и железа — ими же, но совместно с бором.

Температура заливки медных сплавов составляет в зависимости от марки 1000—1200 °С. Медные сплавы отличаются высокой жидкотекучестью. Поэтому для получения отливок с чистой поверхностью используют формовочные и стержневые смеси, включающие пески с высоким содержанием глины (жирные и полужирные). С целью предупреждения пригара в смеси и в краски вводят противопопригарные добавки.

Отличительной особенностью медных сплавов является значительная усадка, что требует установки прибылей в массивных частях отливки. Для создания направленной кристаллизации широко используют холодильники.

Другой характерной особенностью медных сплавов является их высокая окисляемость в жидком состоянии, поэтому литниковые системы для литья медных сплавов должны обеспечивать наиболее полное отделение окисных плен и плавное, с минимальной скоростью заполнение полости формы. Для этих целей используют расширяющиеся литниковые системы с змеевидным и ступенчатым стояками и с нижним подводом металла, применяют простановку фильтровальных сеток, шлакоуловителя с рожковым литниковым ходом.

,

Тема: Состав и свойства алюминиевых сплавов

Алюминий и алюминиевые сплавы - первые конструкционные металлы которые были использованы в самолетостроении. Свое значение в самолетостроении алюминий сохранил и в наше время, занимая первое место среди металлов: до 3/4 массы современных самолетов изготавливают из алюминия.

Практически нет ни одной отрасли машиностроения, в которой бы не использовали в той или иной мере алюминиевые сплавы. Их применяют в строительных конструкциях, судостроении, железнодорожном и автомобильном транспорте, летательных аппаратах, нефтяном и химическом машиностроении, электротехнике и т. д.

Из алюминиевых сплавов изготавливают самые разнообразные детали холодильной и криогенной техники. Их применяют для изготовления хранилищ и емкостей для транспортировки жидких газов: кислорода, азота, водорода и гелия, не говоря уже об установках сжижения и хранения природного газа. Алюминиевые сплавы используют в качестве материала для ректификационных колонн и трубных систем. Алюминиевые сплавы находят широкое применение для криогенного оборудования, используемого в космосе. Из них изготавливают баки для жидкого кислорода и водорода диаметром 6,5 м и более, баллоны для сжатого гелия. Из всех легких металлов алюминий характеризуется наибольшим объемом производства, занимающим в мировой промышленности второе место после производства стали.

До конца 80-х гг. XIX века алюминий почти не производился и был немногим дешевле золота. Сохранилось описание банкета, данного Наполеоном III, на котором только гости королевской крови были удостоены чести есть алюминиевыми ложками и вилками. Остальные пользовались обычными золотыми и серебряными приборами.

В 1886 г. американский студент Чарльз Холл и молодой французский инженер Поль Эру разработали современный способ производства алюминия электролизом криолитно-глиноземного расплава. После этого производство алюминия стало расти, а цена его начала резко падать.

Алюминий кристаллизуется в гранецентрированной решетке с периодом $a = 0,4041$ нм, не имеет полиморфных превращений, обладает малой плотностью ($2,7$ г/см³), низкой температурой плавления (660 °C), высокой электро- и теплопроводностью, низкой прочностью ($\sigma_{\text{тв}} = 100$ МПа) и высокой пластичностью ($\epsilon = 35$ %), а также высокой

коррозионной стойкостью. Хорошая коррозионная стойкость алюминия обусловлена образованием на его поверхности тонкой, но плотной пленки оксида Al_2O_3 , предохраняющей металл от дальнейшего окисления. Удельный объем оксида и металла близки между собой. Поэтому оксидная пленка обладает хорошим сцеплением с металлом и малопроницаема для всех газов. Благодаря защитному действию пленки алюминий имеет высокую коррозионную стойкость в атмосфере и в среде многих органических кислот. В едких щелочах алюминий быстро растворяется. Чем меньше примесей содержит алюминий, тем выше его коррозионная стойкость.

Алюминий высокой чистоты, применяемый для лабораторных целей, одержит 99,99 % Al, для технических целей - 99,50 % Al. Алюминий хорошо деформируется и сваривается, но плохо обрабатывается резанием. Из него прокаткой можно получать тонкую фольгу, применяемую в качестве оберточного материала.

Широкое применение алюминия в промышленности, прежде всего, связано с его большими природными запасами, а также совокупностью химических, физических и механических характеристик.

Алюминий по содержанию в земной коре ($\sim 8,8\%$) является одним из самых распространенных металлов (для сравнения, например, железа в земной коре 4,65% - в два раза меньше). К достоинствам алюминия и его сплавов следует отнести его малую плотность ($2,7 \text{ г/см}^3$), сравнительно высокие прочностные характеристики, хорошую тепло- и электропроводность, технологичность, высокую коррозионную стойкость. Совокупность этих свойств позволяет отнести алюминий к числу важнейших технических материалов.

Алюминий и сплавы на его основе делятся по способу получения на деформируемые, подвергаемые обработке давлением и литейные, используемые в виде фасонного литья; по применению термической обработки - на термически не упрочняемые и термически упрочняемые, а также по системам легирования.

Механические свойства алюминиевых сплавов

Влияние легирующих элементов на свариваемость

Легирующими элементами в алюминиевых сплавах являются: марганец, медь, литий, цинк, магний, кремний, железо, никель и др., модифицирующими добавками - титан, цирконий, бор и др.

Химические элементы, рассмотренные при исследовании свариваемости алюминия и его сплавов, делятся на три группы:

Легирующие элементы - специально вводимые в алюминий (или сплавы) добавки (как правило, более 0,5-1%) для получения нужных основных свойств в создаваемом сплаве (Mg, Cu, Si, Zn и др.).

Модификаторы - это такие специально вводимые элементы, как правило менее 1%, для получения специальных свойств материала. Эти малые добавки влияют на кинетику распада пересыщенного твердого раствора, а следовательно, изменяют структуру сплава, механические, коррозионные, технологические и другие свойства материала (к ним следует отнести Mn, Zr, Cr, Ti, V и некоторые редкоземельные элементы).

Примеси - элементы, присутствующие в сплавах (как правило, менее 0,5%), которые специально не вводились, а попали одновременно с алюминием или легирующими и модифицирующими элементами, как их спутники из шихты (Fe, Si, Na, Sn, Bi и др.).

Алюминиевые системы

Алюминий совместно с легирующими элементами образует различные системы, содержащие от двух до пяти компонентов. Системы обладают различными механическими, коррозионными, технологическими свойствами, различными структурами и каждая система состоит из нескольких сплавов. Ниже представлены системы алюминия, входящие в них сплавы, их химический состав, свариваемость и свойства. Система алюминий - магний (Al - Mg) Система Al-Mg (магналий) является одной из самых перспективных при разработке свариваемых сплавов. Сплавы этой системы (Mg < 10%) относятся к группе термически не упрочняемых, высокие свойства их достигаются вследствие увеличения концентрации магния в пересыщенном твердом растворе.

Магналиевым сплавам свойственны высокие пластичность, коррозионная стойкость при средних значениях прочности и текучести, пониженная чувствительность к концентраторам напряжений.

Одним из основных преимуществ данной группы являются высокие значения прочностных характеристик по сравнению со свойствами термически упрочняемых алюминиевых сплавов в отожженном состоянии. При сварке магналиевых сплавов сварные соединения становятся почти равнопрочными основному металлу.

При разработке свариваемых Al-Mg сплавов (магналий) предполагалось установить непрерывный ряд марок сплавов с тем , чтобы верхний предел по содержанию магния одной марки являлся одновременно нижним пределом в следующей марке сплава, а малые добавки и примеси предлагалось унифицировать. Такой порядок полностью исключал бы

на металлургических заводах брак по химическому составу при литье данной группы сплавов.

Структура сплавов Al-Mg представляет собой - твердый раствор с включением интерметаллической - фазы (Mg_5Al_8), количество и размер которой зависят от содержания магния. Сплавы с относительно малыми добавками магния (до 3,5%) характеризуются довольно крупно зернистой микроструктурой. Дальнейшее повышение магния (до 7,5%) измельчает микрозерна, структура становится однородной и мелкозернистой. С повышением магния количество β - фазы возрастает, размер ее при этом уменьшается.

Горячеломкость. Введение в алюминий 0,5...0,7 % Mg резко повышает склонность сплава к трещинообразованию (~65 %). В дальнейшем характеристика (K) снижается и стабилизируется на уровне 30% при 6...7% Mg.

Механические свойства. С увеличением содержания магния возрастают прочность и текучесть, относительное удлинение меняется слабо. Такое изменение свойств связано с увеличением пересыщенности твердого раствора по мере повышения концентрации магния.

Коррозионная стойкость. Сплавы Al-Mg отличаются высокой коррозионной стойкостью (общей, под напряжением и при других видах коррозионного разрушения). Следует отметить их высокую сопротивляемость коррозионному разрушению в морской воде.

Сплавы Al-Mg также хорошо устойчивы к воздействию азотной кислоты HNO_3 , разбавленной серной кислоты H_2SO_4 , ортофосфорной кислоты H_3PO_4 , а также в средах, содержащих SO_2 . Высокая стойкость магниевых сплавов объясняется образованием на поверхности плохо растворимой оксидной пленки.

К недостаткам сплавов Al-Mg с высоким содержанием магния относится их чувствительность к межкристаллитной коррозии и коррозии под напряжением при не благоприятных условиях термической обработки.

Применяются как конструкционный материал в :

- авиационной;
- судостроения;
- машиностроения (сварные баки, заклепки, бензопроводы, маслопроводы);
- для изготовления арматуры строительных сооружений;
- для изготовления деталей холодильных установок;
- для изготовления декоративных бытовых предметов и др.

Системы алюминий - медь (Al - Cu

Особую роль в промышленности играют термически упрочняемые сплавы системы Al-Cu (дуралюмин). Наряду со сравнительно высокими значениями прочностных характеристик эти сплавы обладают хорошей пластичностью, в том числе высокой технологической пластичностью.

Системе Al-Cu присуща хорошая работоспособность при низких температурах. С понижением температуры одновременно растут прочностные характеристики и пластичность. Сплавы хорошо свариваются в сочетании с высокой работоспособностью сварных соединений при низких температурах.

По сравнению со сплавами других систем сплавы Al-Cu мало чувствительны к концентраторам напряжения. Вместе с тем данные сплавы успешно работают в интервале температур до +2500°С.

К недостаткам сплавов Al-Cu следует отнести их низкую общую коррозионную стойкость. Хотя после термической обработки (закалка +искусственное старение) они имеют удовлетворительную коррозионную стойкость под напряжением. В связи с этим требуется надежная защита конструкции от климатических воздействий и воздействий агрессивной среды. В настоящее время разработана и с успехом применяется система коррозионной защиты. Для защиты листового дуралюминия от коррозии его поверхность плакируют чистым алюминием.

Для машиностроения сплавы этой группы приобретают особую важность. Они необходимы при изготовлении емкостей для жидкого кислорода и водорода. Наибольшее применение нашли в авиастроении для изготовления некоторых деталей турбореактивных двигателей.

Система алюминий-кремний (Al - Si)

Кремний вводят в алюминиевые сплавы в виде специальной добавки или он присутствует как примесь.

Присадка кремния в алюминий позволила создать группу литейных бинарных сплавов типа силумин (эвтектического состава), которым присущи хорошие литейные свойства: высокая жидкотекучесть и герметичность при повышенной коррозионной стойкости.

Горячеломкость. Малолегированные сплавы Al-Si (1...2% Si) при сварке обладают высокой сопротивляемостью к образованию кристаллизационных трещин. С увеличением содержания кремния (от 0,4 до 2%) значение коэффициента трещинообразования (K) достигает 2...3%.

Механические свойства. Из-за отсутствия упрочняющих фаз сплавы Al-Si инертны к термической обработке.

Введение кремния в алюминий до 2,0% повышает его прочностные характеристики и

снижает его пластичность.

Коррозионная стойкость. Сплавы Al-Si и их сварные соединения имеют высокую коррозионную стойкость. Кремний не ухудшает коррозионную стойкость алюминия и его сплавов. По коррозионной стойкости занимают промежуточное положение между дуралюминами и магналиями.

С повышением содержания кремния в сплавах до 2% при испытании сварных образцов отмечена их высокая коррозионная стойкость.

Нашли свое основное применение в:

- авиационном;
- вагоностроении;
- автомобилестроении и строительстве сельскохозяйственных машин для изготовления картеров, деталей колес, корпусов и деталей приборов.

Система алюминий-цинк (Al - Zn)

Двойные сплавы Al-Zn при малых добавках Zn (<10%) в промышленности не применяются. Совместное введение в алюминий цинка, меди, магния позволило создать группу высоко прочных конструкционных сплавов, нашедших широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

На системе Al-Zn А.А. Бочвар и З.А. Свицерская открыли явление сверх пластичности, что дало возможность разработать ряд сверх пластичных сплавов Al-Zn.

Горячеломкость. Цинк ухудшает свариваемость алюминия и его сплавов. Увеличение содержания цинка в алюминии приводит к значительному росту горячеломкости сплавов. С введением цинка в алюминий повышается вязкость расплава. Это отрицательно влияет на способность жидкой фазы залечивать трещины в кристаллизации металла.

Механические свойства. Цинк является одним из основных легирующих элементов алюминиевых сплавов (как медь, магний). Сплавы Al-Zn относятся к группе термически упрочняемых. Эффект термической обработки (закалка + естественное старение) - невелик (12...15 МПа). Увеличение цинка в сплаве до 6% повышает с 80 до 130 МПа, при этом пластичность основного металла и сварного соединения значительно падает (со 180 до 110).

Коррозионная стойкость. Цинк оказывает отрицательное влияние на коррозионную стойкость сплава. С повышением содержания цинка коррозионная стойкость алюминия ухудшается.

Система алюминий - магний – кремний (Al - Mg - Si)

Сплавы системы Al-Mg-Si применяются в промышленности давно. Особенно широко они используются в строительстве. Отличительная особенность сплавов Al-Mg-Si - высокая технологичность, коррозионная стойкость и удовлетворительная свариваемость при средней прочности (после закалки и искусственного старения). Благодаря высокой пластичности сплавов в горячем состоянии из них изготавливают сложные по конфигурации тонкостенные полые прессованные полуфабрикаты.

Структура. Структура сварных соединений, выполненных из сплавов, содержащих 2,0% Si и различное количество магния (от 0,4% до 1,4%) представляет собой твердый раствор α +Mg₂Si+Si.

Литой металл шва при всех содержаниях магния имеет очень мелкозернистую структуру, тонкое разветвленное дендритное строение. В структуре сплавов данной подгруппы имеются кристаллы избыточного кремния, особенно, это четко проявляется в структуре сплава с 0,4% Mg и 2,0% Si.

С увеличением содержания магния в сплаве ветки дендрита становятся мельче.

Наибольшее измельчение наблюдается при 1% Mg. Увеличение Mg до 1,4% не уменьшает размера зерна, а увеличивает количество фазы Mg₂Si.

Структура зоны сплавления изменяется аналогично структуре основного металла при содержании 2% Si. Наиболее тонкая структура столбчатых кристаллов (дендритов) наблюдается при содержании в сплаве 1% Mg. Более крупное зерно отмечается у сплава с 0,4% Mg. В структуре зоны термического влияния сварного соединения (как и в случае литой структуры этого сплава) видны выделения свободного кремния. Наибольший избыток свободного кремния у малолегированного магнием сплава. Количество фазы Mg₂Si увеличивается с увеличением в сплавах магния.

Горячеломкость. При исследовании бинарных сплавов Al-Si и Al-Mg установлено, что введение кремния в алюминий положительно влияет на сопротивляемость его к образованию кристаллизационных трещин. Тогда как содержание магния до 2% в системе Al-Mg повышает склонность к горячеломкости сплава. Эта закономерность сохраняется полностью в тройной системе Al-Mg-Si. Область с повышенным содержанием кремния (+ Si + Mg₂Si) имеет невысокие значения коэффициента трещинообразования ($K < 20\%$).

Повышенную склонность к образованию трещин имеют сплавы, находящиеся в области + Mg₂Si. Критическая область с максимальными значениями коэффициента трещинообразования ($K \sim 60\%$) вытянута вдоль квазибинарного разреза.

Механические свойства. Сплавы Al-Mg-Si относятся к группе термически упрочняемых. Эффект искусственного старения колеблется от 60 до 100 МПа. В зависимости от

химического состава сплава, $\sigma_{\text{в}}$ изменяется от 100 до 360 МПа (после искусственного старения).

Коэффициент разупрочнения (λ) основного металла при сварке зависит от содержания кремния в сплаве. Если при $< 0,2\% \text{ Si}$ и $< 0,4\% \text{ Mg}$ коэффициент разупрочнения составляет 0,8 ... 0,9 %, то при дальнейшем повышении кремния ($> 0,4\%$) при любом содержании магния $\lambda = 0,5 \dots 0,6$.

Угол загиба изменяется от 160 (у бинарных сплавов Al-Si и Al-Mg) до 30...60° у сплавов за квазибинарным разрезом в трехфазной области $\alpha + \text{Mg}_2\text{Si-Si}$.

Коррозионная стойкость. Наибольшей коррозионной стойкостью в системе Al-Mg-Si обладают сплавы, расположенные в области α -твердого раствора и на квазибинарном разрезе. Невысокая коррозионная стойкость у сплавов, находящихся в трехфазной области $-\text{Mg}_2\text{Si} - \text{Si}$. Сопrotивляемость сплавов Al – Mg – Si коррозионному разрушению во многом зависит от содержания кремния в сплаве и количества фазы Mg_2Si .

Система алюминий – цинк – магний (Al – Zn – Mg)

При разработке свариваемых алюминиевых сплавов представляет теоретический и практический интерес система Al – Zn – Mg.

В данной системе группа термически упрочняемых сплавов способна стариться при комнатной и повышенных температурах [Это значит, что сварные соединения с течением некоторого времени могут повышать свои прочностные характеристики, приближаясь к свойствам основного материала (без дополнительного искусственного старения)].

Некоторые сплавы этой группы, несмотря на высокую прочность после термообработки (больше, чем у дюралюминия), до последнего времени не находили применения в промышленности, поскольку высоколегированные сплавы Al – Zn – Mg чрезвычайно склонны к коррозии под напряжением, а низколегированные не имели, существенных преимуществ по прочности по сравнению с высоколегированными не упрочняемыми термической обработкой сплавами типа магналий.

Характерный для сплавов Al – Zn – Mg вид разрушения – коррозионное растрескивание под напряжением – не уменьшил интерес к этой системе. Поиск оптимального химического состава сплавов Al – Zn – Mg продолжается.

Структура. Структура основного материала мелкозернистая с расположением избыточных фаз по границам зерен твердого раствора и внутри их. Структура сварных соединений рассматривалась по подгруппам. В первую подгруппу входили сплавы, содержащие 1,5 % Mg (во всех сплавах) и различное содержание цинка: 1,5; 2,5 и 4,5 %; во вторую подгруппу – сплавы с 5,5 % Mg при изменении цинка от 1,5 до 4,5 %.

Горячеломкость. Сплавы Al – Zn – Mg обладают значительной склонностью к образованию кристаллизационных трещин, коэффициент трещинообразования в исследуемой области сплавов изменяется от 20 до 80 %.

Повышенной горячеломкостью обладают сплавы, у которых $(Mg + Zn) > 7 \%$. Стабильные и удовлетворительные результаты горячеломкости получены при сварке сплавов, находящихся в области – твердого раствора (при Mg и Zn не более 1,2 %). Определена область с минимальными значениями коэффициента трещинообразования ($K 20 \%$) при сварке сплавов, находящихся в области + с высоким содержанием магния ($3 \dots 5 \%$ при Zn не более 2 %).

Механические свойства. Уменьшение содержания магния и цинка приводит к росту прочности и снижению пластичности сварных соединений. Максимальная прочность в естественно состаренном состоянии сплавов Al – Zn – Mg достигается при суммарном содержании магния и цинка около 9 % (400 МПа), т.е. у сплавов, лежащих в фазовой области + T, ближе к тройной области + + T.

Пластичность сварных соединений ниже пластичности основного металла и находится в прямой зависимости от содержания в сплаве магния и цинка.

Пластичность основного металла остается неизменно высокой (~ 1600) у целой серии сплавов, находящихся в области α –твердого раствора с содержанием Zn и Mg не более 1,5 и 3,0 % соответственно.

Коррозионная стойкость. Коррозионная стойкость сплавов зависит от суммарного содержания в них Zn и Mg и отношения между ними. Влияет на коррозионную стойкость сварного соединения под напряжением содержание Zn в сплаве и последующая термическая обработка.

Тема: Особенности литейной формы. Плавка алюминиевых сплавов и заливка форм

Для изготовления отливок используют пять групп алюминиевых сплавов: 1) на основе системы алюминий-кремний; 2) алюминий-медь; 3) алюминий-магний; 4) системы алюминий-кремний-медь; 5) прочие сплавы.

Алюминиевые сплавы имеют высокую удельную прочность при нормальной температуре, хорошо противостоят коррозии в атмосферных условиях, обладают высокими литейными свойствами.

Наибольшее применение в промышленности получили сплавы первой и четвертой групп.

Сплавы системы алюминий-кремний (силумины) широко применяются в авиационной, автомобильной, приборостроительной, машиностроительной, судостроительной и в электротехнической промышленности. По содержанию кремния они близки к эвтектическим и поэтому обладают лучшими, чем другие сплавы, литейными свойствами.

Двойные доэвтектические сплавы алюминия с кремнием имеют невысокую прочность. Поэтому в состав их вводят магний, образующий с кремнием химическое соединение Mg_2Si , упрочняющее сплав в процессе термической обработки.

Наиболее вредной примесью для силуминов является железо. Образуя хрупкие тройные ($Al-Fe-Si$) и более сложные фазы, кристаллизующиеся в виде пластин, железо существенно снижает пластические свойства сплавов. Для нейтрализации вредного влияния железа в сплав вводят марганец. Десятые доли марганца способствуют переводу выделений железистой составляющей в более благоприятную (компактную) форму.

При литье в песчано-глинистые формы легирование силуминов магнием и марганцем не обеспечивает еще получения необходимых механических свойств из-за грубого выделения кремния в эвтектике. Поэтому при литье в разовые, низкотеплопроводные формы сплавы системы алюминий-кремний, содержащие не менее 6% Si, подвергают модифицированию. Для этой цели в расплав вводят 0,01-0,1% Na. В присутствии натрия эвтектический кремний выделяется в виде тонкодисперсных пластин, что благоприятно отражается на пластических свойствах. Аналогичное влияние оказывают на структуру сплава присадки кальция и калия, окислов щелочных металлов, сурьма, висмут, литий бор и т. д.

Сплавы на основе системы алюминий-медь обладают низкой коррозионной стойкостью и недостаточной пластичностью. В отличие от сплавов первой группы они хорошо обрабатываются резанием. Вследствие широкого интервала кристаллизации сплавы этой системы склонны к образованию усадочных трещин и рассеянной усадочной пористости. Отличительной особенностью алюминиевомедных сплавов является их теплопрочность. Механические и эксплуатационные свойства сплавов улучшают присадками марганца и титана (сплав АЛ 19) и термической обработкой.

Сплавы алюминия с медью и кремнием широко используют для изготовления деталей, обладающих достаточной твердостью и прочностью, сохраняющих постоянство размеров в процессе эксплуатации и отвечающих требованиям по чистоте обработанной поверхности (корпусы различных приборов, автомобильные и тракторные поршни, детали авиационных двигателей). Среди сплавов этой группы наиболее благоприятными свойствами обладает АЛ7-4.

Сплавы системы алюминий-магний отличаются низкой плотностью и высокими коррозионной стойкостью и прочностью; их используют для изготовления отливок, испытывающих большие вибрационные нагрузки или подвергающиеся воздействию морской воды (АЛ8, АЛ22).

Вследствие повышенной склонности к окислению, образованию усадочных трещин и рыхлот, взаимодействию с влагой формы, пониженной жидкотекучести — изготовление отливок из сплавов системы алюминий-магний вызывает технологические трудности.

Сплавы, не входящие в рассмотренные системы, относятся к группе сложнелегированных, и применяются для изготовления отливок, работающих при повышенных температурах и давлениях (АЛ 1), требующих повышенной стабильности размеров (ВАЛ4), для изготовления сварных конструкций (ВАЛ4) и деталей, хорошо обрабатываемых резанием (АЛ11).

В зависимости от масштаба и специфики производства плавку алюминиевых сплавов в литейных цехах осуществляют в печах: электрических тигельных и отражательных; в тигельных, работающих на жидком и газообразном топливе, и в индукционных.

При плавке на воздухе алюминиевые сплавы окисляются и насыщаются водородом. В процессе окисления на поверхности алюминия образуется плотная и прочная окисная

пленка. При достижении толщины пленки $\sim 2000 \text{ \AA}$ окисление практически прекращается из-за малой скорости диффузии кислорода через пленку. Легирование алюминия магнием, медью, цинком и никелем усиливает окисление, так как окислы этих элементов обладают меньшей плотностью, чем окислы алюминия. Скорость окисления уменьшается при легировании алюминия церием и лантаном; большинство же легирующих элементов (Si, Mn и др.) не влияет на скорость окисления.

Алюминиевые сплавы склонны к газопоглощению. Особенно энергично в них растворяется водород, что способствует получению отливок с газовой пористостью и раковинами.

Алюминиевые расплавы предохраняют от окисления и поглощения водорода плавкой под флюсами. В качестве покровного флюса при плавке многих сплавов, содержащих не более 1% Mg, используют смесь (2% от массы шихты) хлоридов натрия и калия (45% NaCl и 55% KCl). Для обеспечения полного отделения окислов алюминия в состав флюсов вводят до 25% криолита (Na_3AlF_6).

Для алюминиевомагниевого сплава в качестве покровного флюса используют карналлит ($\text{MgCl}_2\text{-KCl}$) с добавками хлористого бария (BaCl_2) или фтористого кальция (CaF_2).

В тех случаях, когда невозможно применение флюса, защиту от окисления обеспечивают легированием сплавов бериллием (0,03-0,05%).

Однако как бы тщательно не проводилась защита расплавов, при плавке на воздухе они всегда оказываются загрязненными и перед заливкой в формы требуют очистки.

В зависимости от состава сплава и объема производства рафинирование (очистку) расплавов от взвешенных неметаллических включений и водорода осуществляют продувкой инертными (Ar, N) или активными (C) газами, обработкой хлоридами (MnCl_2 , ZnCl_2 , TiCl_4 , флюсами и выдержкой в вакууме.

При пропускании газов (0,2-0,8% от массы металла) через расплав они оказывают флотизирующее действие на взвешенные включения; пузырьки рафинирующего газа выносят их на поверхность расплава. Поскольку внутри пузырька рафинирующего газа давление атомарного водорода равно нулю, растворенный водород диффундирует внутрь пузырька рафинирующего газа и выносится за пределы расплава. Очистка тем интенсивнее, чем мельче пузырьки рафинирующего газа и чем равномернее распределены они в объеме расплава.

Введение в расплав хлоридов марганца, цинка и других металлов сопровождается образованием хлористого алюминия, пары которого также влияют как аргон и хлор. Оптимальное количество хлоридов составляет 0,1-0,3% от массы расплава. Рафинирование алюминиевых расплавов газами осуществляют при 720-750° С в течение 1.0-12 мин в той же печи, где велось расплавление. После этого для выделения мелких газовых пузырьков расплав отстаивают в течение 15-20 мин.

Рафинирование флюсом осуществляют при 730-750° С. Флюс (0,5-1% от массы металла), предварительно переплавленный, засыпают на поверхность металла или вводят внутрь его специальным приспособлением. В некоторых случаях рафинирование осуществляют при разливке; флюс расплавляют, порцию его заливают в тигель, а затем через флюс в тигель заливают металл; неметаллические “включения при этом экстрагируются.

Для дегазации расплав может быть выдержан в атмосфере инертного газа или вакууме (15-20 мин при остаточном давлении 50-100 мм рт. ст.).

Рафинирование контролируют при помощи технологических проб, химического и газового анализа.

Сплавы, содержащие более 6% Si, перед заливкой в разовые формы подвергают модифицированию. Операция модифицирования измельчает выделения кремния и повышает механические свойства сплавов. Модифицирование осуществляют введением в расплав несколько сотых долей процента натрия. Для этой цели используют главным образом смеси хлористых и фтористых солей натрия и реже чистый натрий.

После этого соли замешивают в расплав и через 3-5 мин удаляют вместе со шлаком.

Тщательно очищенный расплав может быть вновь загрязнен в процессе литья. Падение струи металла с высоты более 300 мм сопровождается вспениванием и образованием окислов, часть которых попадает в отливку. Для алюминиевых сплавов недопустимы завихрения, образующиеся в местах удара струи о стенку формы. Воздух, захваченный вихревым потоком, загрязняет сплав окислами. В связи с этим формы заполняют алюминиевыми сплавами с минимальной линейной скоростью движения струи на выходе из литников, для чего используют расширяющиеся системы. Продолжительность заполнения форм регулируют изменением площади сечения литниковых каналов.

В условиях массового и крупносерийного производств многие отливки из алюминиевых сплавов изготавливают в металлических формах (кокилях). Низкая температура литья этих сплавов и наличие пленки Al_2O_3 , образующейся на поверхности отливок, увеличивают стойкость кокилей и, следовательно, экономическую целесообразность их использования.

Для алюминиевых сплавов характерны расширяющиеся литниковые системы, предусматривающие отделение взвешенных неметаллических включений. Очень часто в шлаковиках устанавливают сетки (стеклоткань, титановая, железная, из стержневой смеси), усложняют каналы устройством шлаковыводов, различных поворотов, используют кусковые фильтры. В некоторых случаях предусматривают два ряда шлаковиков.

Для предотвращения захвата воздуха при заполнении высоких (>300 мм) форм применяют многоярусные и щелевые литниковые системы, позволяющие получить наиболее благоприятное распределение температуры по высоте отливки.

Алюминиевые сплавы склонны к образованию усадочной пористости, устранение которой в отливках достигается установкой массивных прибылей, холодильников, а для ответственных деталей — кристаллизацией в автоклавах под давлением сжатого воздуха.

Очистку отливок производят на гидropескоструйных установках. В зависимости от состава сплава отливки проходят определенный режим термической обработки. Характерным является также пропитка пористых отливок различными лаками.

Для плавки алюминиевых сплавов используют тигельные печи, обогреваемые различными видами топлива, стационарные пламенные и электрические — сопротивления и индукционные.

1. Шихтовые материалы

В качестве исходных шихтовых материалов применяют первичные и вторичные металлы и сплавы, оборотные сплавы и лигатуры.

Первичный алюминий поставляется по ГОСТ 11069—74 в виде чушек массой 5, 15 и 1000 кг. Для производства алюминиевых сплавов обычно используют алюминий марок А5, А6 и АО, а для изготовления отливок высокоответственного назначения — алюминий особой и высокой чистоты.

Вторичные алюминиевые сплавы получают переплавкой и рафинированием лома и отходов. Они поставляются в виде чушек различных марок по ГОСТ 1583—73.

Свежие металлы. В состав алюминиевых сплавов входят цинк, магний, кремний, марганец, медь, бериллий, никель, железо, титан и другие элементы. Для алюминиевых сплавов обычно применяют цинк марок Ц1 и Ц2. Магний поставляется по ГОСТ 804—72 в чушках массой $8,0 \pm 1$ кг. Ввиду большой склонности его к коррозии поверхность чушек подвергается антикоррозионной обработке. Кремний вводят в алюминиевые сплавы в виде чушкового силумина (сплав кремния с алюминием), поставляемого по ГОСТ 1521—76, а марганец — в виде лигатуры алюминий — марганец, содержащей около 10% марганца. Для приготовления лигатур используют марганец марок Мр1, Мр2 и Мр3.

Качество отливок в большой степени зависит от тщательности подготовки шихтовых материалов к плавке и способов их хранения. Они должны храниться в сухих крытых помещениях отдельно по маркам сплавов. Обратный сплав должен очищаться от песка в очистных барабанах.

Лигатуры. При плавке алюминиевых сплавов, как правило, применяют двойные лигатуры — сплавы из двух компонентов. Введение лигатур обеспечивает получение сплава с точным содержанием элементов, что особенно важно для сплавов, содержащих магний, так как даже малые добавки его сказываются на свойствах сплавов.

2. Расчет шихты

Шихта для приготовления алюминиевых сплавов может состоять из чушкового алюминия, силумина, обратного металла, лигатур и чистых металлов.

Рассмотрим пример расчета шихты для сплава АЛ5 при плавке в тигельной печи. Средний химический состав этого сплава: 5% кремния, 0,4% магния, 1,25% меди, остальное — алюминий. Допустимое содержание железа при заливке в металлические формы не должно превышать 1%. Расчет ведем на 100 кг сплава. Угар принимаем в следующих размерах, в %: кремния — 1, магния — 3, меди — 1, алюминия — 1.

Для доведения до необходимого количества содержания кремния применяем чушковый силумин (с Si=13%), а магния и меди — алюминиево-магнневую и алюминиево-медную лигатуры.

3. Флюсы, рафинирующие и модифицирующие материалы

Для получения высококачественных сплавов осуществляют плавку под флюсом, рафинирование сплава для удаления неметаллических включений, а также модифицирование для получения мелкой структуры и повышения механических свойств.

Для рафинирования и модифицирования алюминиевых сплавов часто применяют универсальные флюсы, состоящие из смеси солей и криолита. Универсальные флюсы используются как в жидком, так и в порошкообразном состоянии.

4. Плавка в тигельных печах

Плавку алюминиевых сплавов в небольших объемах осуществляют в тигельных печах, работающих на нефти и газе..

Печь состоит из стального кожуха с футеровкой и вставленного в него сверху чугунного тигля. Последний своим широким фланцем крепится к стальному кольцу, перекрывающему шахту сверху, что обеспечивает полную изоляцию расплавленного металла от печных газов. Печь установлена на сварной или литой раме. Поворот ее осуществляется штурвалом. Для увеличения срока службы тиглей и уменьшения насыщения сплавов железом внутреннюю поверхность их рекомендуется окрашивать краской, состоящей из 60% кварцевого песка, 30% огнеупорной глины и 10% жидкого стекла.

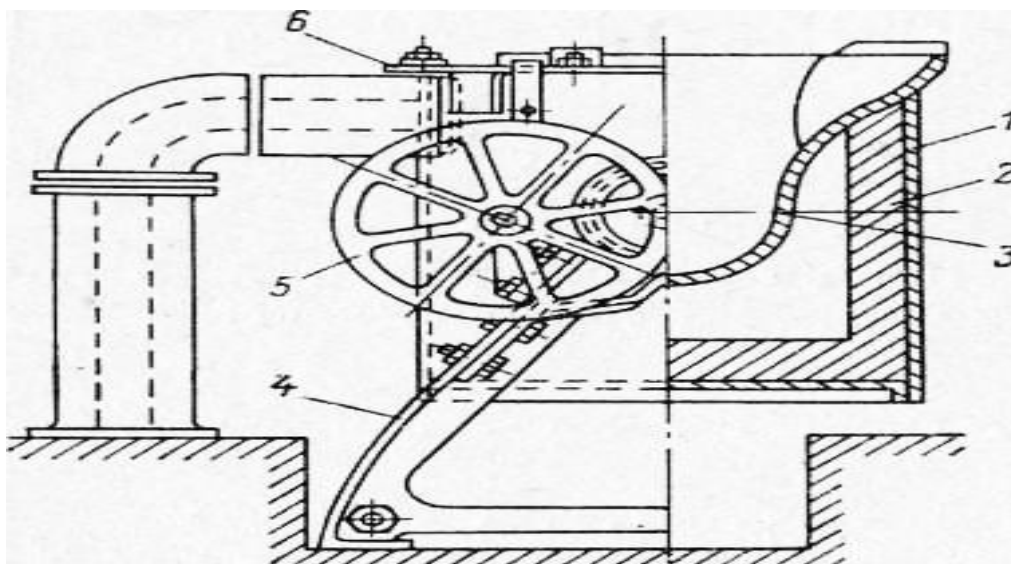


Рисунок 107 . Поворотная тигельная печь.

Плавка в электрических печах

Плавку алюминиевых сплавов производят в электрических печах сопротивления, тигельных и отражательных печах, а также в индукционных.

Плавка в электрических отражательных печах. На предприятиях, где алюминиевые сплавы выплавляются в больших объемах, применяют электрические печи САН (печи сопротивления для алюминиевых сплавов, наклоняющиеся) и камерные стационарные.

Печь САН (рис. 2) имеет удлиненный металлический корпус, установленный на катках и укрепленный на фундаменте. Корпус изнутри выложен кирпичом. В торцах печи расположены две форкамеры, а в середине — центральная ванна. Свод печи выложен фасонными огнеупорными кирпичами, в гнездах которых уложены нагревательные спирали. Такие же спирали имеются и в форкамерах.

Шихту загружают через окна. Она плавится в форкамерах за счет тепла, отраженного от свода и стенок печи, и по наклонным плоскостям стекает в центральную ванну. Слив готового металла из печи осуществляется через лётку при повороте печи на опорных катках с помощью штурвала или электропривода.

Плавка в тигельных электрических печах сопротивления. При сравнительно небольших масштабах производства для плавки алюминиевых и магниевых сплавов применяют однитигельные печи сопротивления САТ-0,15 и САТ-0,25, а также двухтигельные печи СЖ.Б-230 и ОКБ-75.

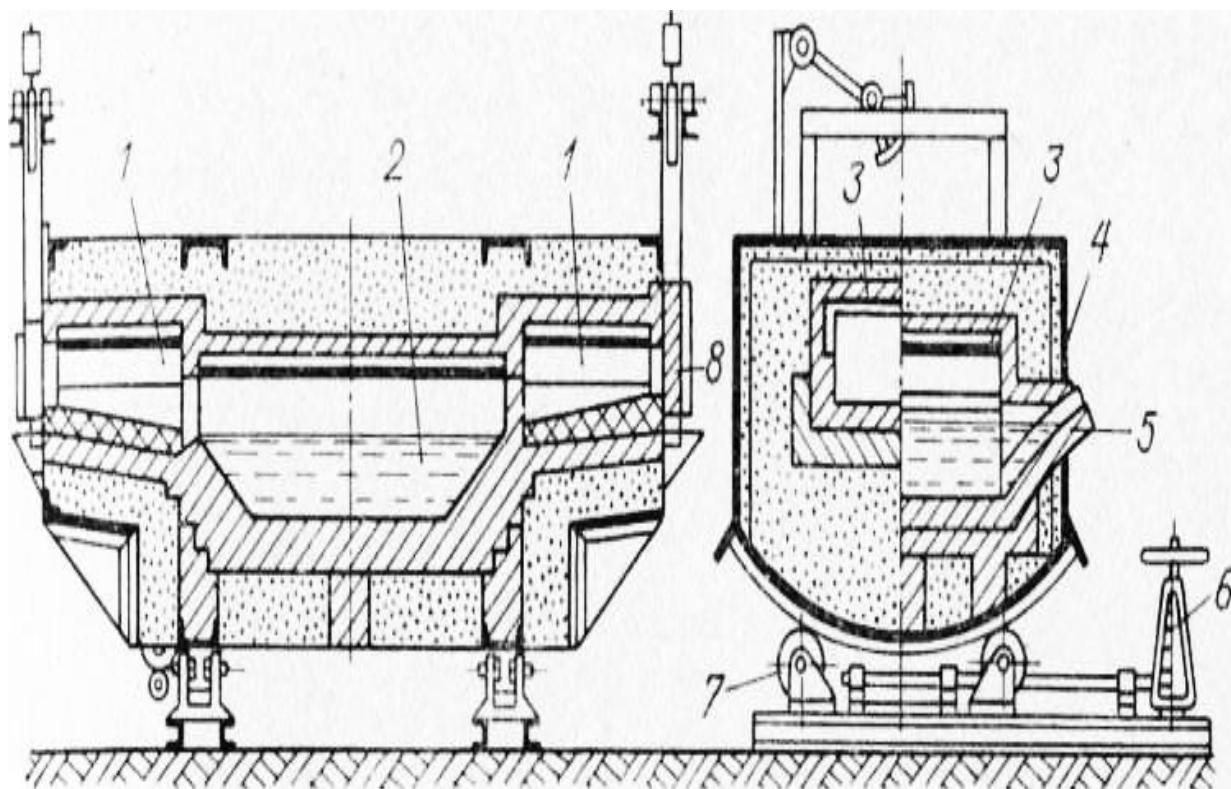


Рисунок 108 . Электрическая печь типа САН.

Печи САТ выполнены в виде сварного цилиндрического кожуха, футерованного фасонным легковесношамотным кирпичом, и имеют теплоизоляцию. Нагрев чугунного тигля, установленного на литом чугунном кольце, производится нихромовыми нагревателями, которые уложены на полочках фасонных шамотных кирпичей и укреплены металлическими крючками. В нижней части печи имеется аварийное отверстие для выпуска сплава на случай прогорания тигля. Температура автоматически регулируется самопишущим потенциометром с помощью хромель-алюмелевой термопары. Плавка в индукционных электрических печах. Различают индукционные печи со стальным сердечником и индукционные тигельные печи ИАТ. Печи со стальным сердечником широко применяются для плавки как алюминиевых, так и медных сплавов. Они имеют ряд преимуществ по сравнению с печами сопротивления: более высокую производительность, меньший удельный расход электроэнергии, возможность рафинирования металла в печи, обеспечивают высокое качество сплава с минимальным содержанием газов. В этих печах интенсивное движение металла происходит в устьях каналов, а поверхность жидкого сплава в самой печи находится в спокойном состоянии, что обеспечивает сплошность окисной пленки и предохраняет сплав от дальнейшего окисления.

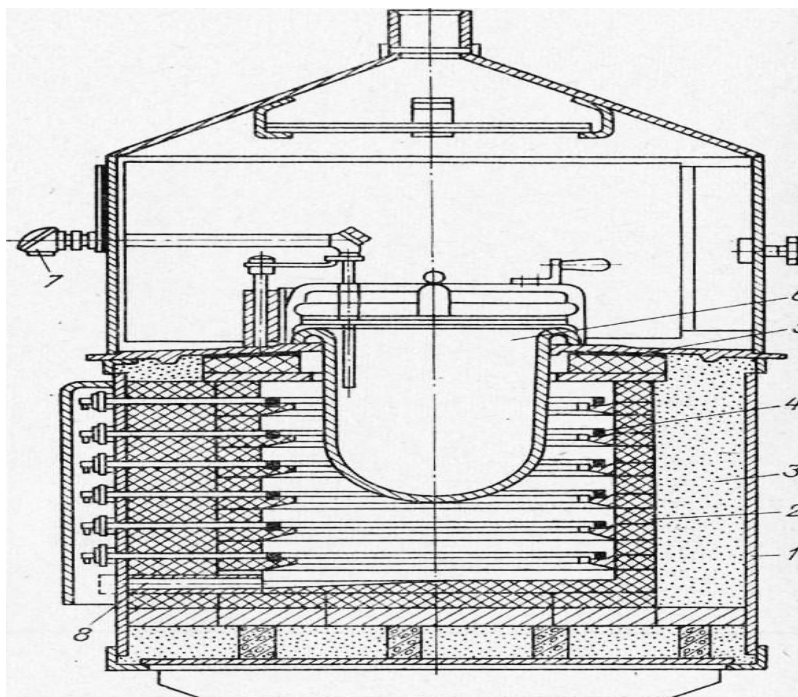


Рисунок 109 . Тигельная электропечь.

В последнее время получили распространение бессердечниковые тигельные индукционные печи ИАТ емкостью 0,4—0,6 т и производительностью 0,235—2,0 т/ч.

Особенности технологии плавки и разливки алюминиевых сплавов

Для большинства алюминиевых сплавов принята одна технология плавки вне зависимости от конструкции печи.

Шихтовые материалы перед загрузкой тщательно очищают от загрязнений и подогревают до 100—150 °С для удаления с их поверхности влаги.

Плавка алюминий-кремнистых сплавов. Как уже указывалось, лучше всего вести плавку в индукционных печах высокой или промышленной частоты и в электрических печах сопротивления. В качестве шихтовых материалов применяют чушковые силумины, первичный алюминий и оборотный металл (до 50% от массы шихты).

Плавку осуществляют в следующей последовательности. Печь или тигель нагревают до температуры 600—700 °С, загружают в них подогретые чушки силумина и предварительно очищенный в барабане оборотный сплав. После расплавления металл перегревают до 720—730 °С, рафинируют хлористым цинком (0,1% от массы шихты) и производят его модифицирование.

Рафинирование осуществляют путем погружения навески хлористого цинка на дно тигля с помощью «колокольчика», который медленно водят по дну тигля до полного прекращения выделения пузырьков газа.

Модифицирование смесью хлористых и фтористых солей калия и натрия производят путем покрытия ими очищенной от шлака поверхности сплава и выдержки в течение 12—14 мин. Затем соли рубят и замешивают в сплав в течение 2 мин, после чего модификатор снимают с поверхности сплава.

При использовании универсальных флюсов операции рафинирования и модифицирования совмещают.

Плавка алюминиевых сплавов, содержащих магний. Во избежание насыщения сплава вредными примесями — железом и кремнием — плавка ведется только в графитовых тиглях. Вспомогательный инструмент — счищалка, колокольчики и др. — также изготавливается из графита или титана.

В качестве шихтовых материалов применяют первичный алюминий высокой чистоты, магний и лигатуры алюминиево-бериллие-вую, алюминиево-титановую, алюминиево-циркониевую и оборотный сплав соответствующей марки (до 50—60% от массы всей шихты).

После нагрева тигля до температуры 600 °С. загружают чушки первичного алюминия и алюминиево-бериллиевую лигатуру. При температуре сплава 670—700 °С вводят лигатуры алюминий — титан и алюминий — цирконий и после полного растворения всех лигатур с помощью графитового колокольчика вводят магний. При этом необходимо следить, чтобы магний все время был погружен в сплав. После ввода магния сплав рафинируют. Затем с поверхности ванны снимают шлак, сплав тщательно перемешивают и опять снимают шлак, после чего производят разливку. На протяжении всей плавки не допускается перегрев сплава свыше 750 °С.

Для разливки применяют разливочные тигли и футерованные ковши емкостью до 1000 кг. Длина струи сплава должна быть минимальной. Тигли, ковши и разливочный инструмент обязательно прокаливают и покрывают специальными красками.

Магниевые сплавы и полуфабрикаты

Наиболее распространенными сплавами магния являются сплавы, легированные марганцем, алюминием и цинком. Алюминий улучшает структуру, повышает прочность и жидкотекучесть магниевых сплавов, цинк также увеличивает прочность и уменьшает размер зерен. Марганец повышает коррозионную стойкость сплавов и их прочность. Сплавы этой системы применяются для производства высокопрочных отливок и деформируемых полуфабрикатов. Наличие циркония также обеспечивает более мелкое зерно, сплавы магний-цинк-цирконий обладают повышенной прочностью и пластичностью.

Добавки неодима, иттрия, церия и других редкоземельных элементов повышают жаропрочность и улучшают механические свойства магниевых сплавов. Это же относится к добавкам лантана, тория и иттрия, а также элементам группы II б Периодической системы Д.И.Менделеева.

Введение в сплав до 10-11% лития позволяет получить сверхлегкие магниевые сплавы с плотностью 1,3-1,6 г/см³, то есть в 2 раза меньшей, чем у алюминиевых сплавов, с одновременно высокими показателями пластичности, предела текучести и модуля упругости и хорошей технологичностью при обработке давлением.

Промышленное производство магний в США началось в 1938 г., во время Второй мировой войны в 1943 г. выпуск магния в этой стране уже превысил 160 тыс. т. Из этого количества 8,5 тыс. т магния было переработано на деформированные полуфабрикаты, использовавшиеся в авиастроении, остальное количество магния шло для изготовления фасонных отливок, проката из алюминиево-магниевых сплавов, зажигательных и осветительных бомб и сигнальных ракет.

В послевоенные годы объем производства магниевых полуфабрикатов постепенно увеличивался. В 1970 г. во время войны во Вьетнаме он достиг 18,1 тыс. т.

Магниевые полуфабрикаты, выпускаемые в США, тогда применялись главным образом в авиа- и ракетостроении.

В США в последние годы магниевые полуфабрикаты производились и потреблялись в меньших количествах.

В настоящее время в США прессованные изделия из магниевых сплавов выпускают два завода: фирмы Dow Magnesium, расположенные в г. Денвер (шт. Колорадо) и

алюминиевого концерна Kaiser Aluminum Special Products в г.Тулса, имеющие горизонтальные гидравлические прессы усилием 13,6; 16 и 21,8 МН.

Для производства проката из магниевых сплавов в США в 1954 г. был построен специализированный завод в г. Мэдисон (шт. Иллинойс), также принадлежащий магниевой фирме Dow Magnesium. На заводе было установлено 18 тигельных плавильных печей, 3 машины полунепрерывного литья крупных слитков диам. 470 мм и плоских слябов сечением 280x1065 мм, реверсивный стан горячей прокатки кварто диам. 680/1352x2190мм с эджерной клетью (прокатка слябов размерами 254x1020x1930 мм массой 900 кг до толщины 6,4 мм за 21 проход со скоростью до 3 м/с), ленточные нереверсивные станы теплой прокатки кварто диам.

550/1350x2140мм (прокатка до 2,5 мм со скоростью до 5,5м/с), кварто 1680; 1370; 912 и 460 мм. Имеются печи для гомогенизации и нагрева слитков и для подогрева рулонов перед теплой прокаткой. Завод был запланирован на выпуск 7300 т/год листов и плит, 9000 т/год прессованных изделий на 6 гидравлических прессах и 16400 т/год фасонных отливок из литейных магниевых сплавов. Из-за нехватки заказов на магниевый прокат в таких объемах завод был модернизирован и его оборудование перепрофилировано на выпуск 36,6 тыс.т/год алюминиевого проката.

В Великобритании ежегодный выпуск магниевых полуфабрикатов не превышает 1500 т. В основном, это прессованные изделия, производимые на тех же прессах, что и алюминиевые полуфабрикаты. Небольшие количества листов и плит (до 100 т/год) выпускаются методом листовой прокатки на станах дуо диам. 812x2000 мм и дуо 1520 мм.

В Японии крупный металлургический концерн Kobe Steel Ltd. на заводе в г. Нагоя выпускает фасонные отливки и поковки из магниевых сплавов для автомобильной и авиационной промышленности. Ежемесячно завод производит 500 т этой продукции из магниевых и алюминиевых сплавов, а также 55 тыс. литых автомобильных колес из этих же сплавов.

Французский алюминиевый концерн Pechiney на заводе в г. Монтрей имеет цех по прессованию изделий из магния и его сплавов, выпускающий, в частности, прутки из сплавов магния с содержанием 4% циркония для атомной промышленности.

В России на производстве полуфабрикатов из магниевых деформируемых сплавов специализирован завод в г. Каменск-Уральский, Свердловской области, на котором установлены отражательная печь емкостью Юти установка полунепрерывного литья

круглых и плоских слитков, станы горячей и холодной прокатки и горизонтальные гидравлические прессы.

Магниево-литиевые сплавы также характеризуются высокими механическими свойствами при криогенных температурах, высокой ударной вязкостью и малой чувствительностью к надрезам, незначительной анизотропией механических свойств и возможностью изготовления из них сварных соединений.

Примеси железа, плохо растворимого в магнии, снижают его коррозионную стойкость, поэтому содержание железа необходимо ограничивать в пределах 0,002-0,005%.

Примеси никеля в магнии также вызывают интенсивную коррозию, в связи с чем его содержание не должно превышать 0,0005-0,002%. Магний значительно корродирует в морской воде, разбавленных минеральных кислотах, кроме плавиковой, в большинстве органических кислот. Разбавленные щелочи, нейтральные и щелочные растворы фтористых солей не агрессивны. Магний и его сплавы весьма устойчивы по отношению к керосину, бензину, фенолу, минеральным смазочным маслам и к спиртам (кроме метилового).

Магниевые сплавы разделяются на литейные и деформируемые.

Литейные и деформируемые магниевые сплавы в отечественных стандартах (ГОСТ) обозначаются следующим образом:

МЛ — магниевые литейные сплавы (ГОСТ 2856);

МА — магниевые деформируемые сплавы (ГОСТ 14957);

п.ч. — повышенной чистоты;

о.н. — общего назначения.

Литейные магниевые сплавы подразделяются в зависимости от способа литья: в песчаные формы, в кокиль, литье под давлением и др.

Деформируемые магниевые сплавы классифицируются на сплавы для прессования,ковки, штамповки, для горячей и холодной прокатки; по прочности при нормальных и повышенных температурах, коррозионной стойкости и плотности.

По уровню прочности и ряду других основных свойств (жаропрочности, плотности) магниевые деформируемые сплавы подразделяются на 4, а литейные — на 3 группы

Таблица 26. Классификация магниевых сплавов по прочности

Группа	Классификация сплавов	Марка литейных	Марка деформируемых магниевых
I	Сплавы средней прочности	МЛЗ	МА1, МА2, МА8, МА8п.ч., МА2-1,
II	Сплавы высокой прочности	МЛ4, МЛ4п.ч., МЛ5.	МА5, МА14, МА15, МА19
III	Жаропрочные сплавы	МЛ9, МЛ10, МЛ11,	МА1 1, МА12
IV	Сплавы пониженной плотности, содержащие литий	-	МА18, МА21

Таблица 27. Классификация магниевых сплавов от условий работы

Группа	Рекомендуемые условия работы при	Марка литейных	Марка деформируемых
I	Длительно до 150, кратковременно до 200	МЛЗ, МЛ4, МЛ4п.ч., МЛ5. МЛ5п.ч.,	МА1, МА2, МА2-1, МА5, МА2-1 п.ч., МА15,
II	Длительно до 200. кратковременно до 250	МЛ12, МЛ15	МА8
III	Длительно до 200-300. кратковременно	МЛ9, МЛ10, МЛ11,	МА1 I, МА12
IV	Длительно до 125		МАИ
V	Длительно до 80	-	МА18, МА21

Таблица 28. Классификация магниевых сплавов по коррозионным свойствам

Группа	Коррозионная стойкость	Марка литейных сплавов	Марка деформируемых сплавов
I	Повышенная	МЛ4п.ч., МЛ5п.ч.	МА1, МА8, МА8п.ч., МА2-I п.ч.
II	Удовлетворительная	МЛЗ, МЛ4, МЛ5, МЛ6, МЛ8, МЛ9, МЛ10, МЛ11	МА2, МА2-1, МА5, МА12 МА14, МА15, МА18, МА19, МА20, МА21
III	Пониженная	МЛ5о.н.	МАП

Таблица 29. Классификация магниевых сплавов по степени свариваемости

Группа	Свариваемость сплавов	Марка литейных сплавов	Марка деформируемых сплавов
I	Хорошая	МЛ9, МЛ 10, МЛ 11	МА2. МА2-1. МА2-1 п.ч., МА12,
II	Удовлетворительная	МЛ3, МЛ4, МЛ4п.ч., МЛ5. МЛ5п.ч., МЛ6, МЛ8, МЛ	МА1, МА5, МА8, МА11, МА15
III	Практически несвариваемые	-	МА14. МА19

В США и некоторых других странах магниевые сплавы маркируют по системе, разработанной Американским обществом по испытаниям материалов (ASTM) в соответствии с химическим составом и состоянием поставки. Обозначение сплавов начинается с двух букв, представляющих два основных легирующих элемента. Буквы располагаются по убыванию содержания элементов или при равных их количествах — по алфавиту. Затем следуют цифры, указывающие содержание элементов в целых процентах. Последующие буквы (А, В, С) отражают модификацию сплава по содержанию второстепенных легирующих элементов или примесей. Чистота сплава увеличивается от С до А, то есть А — наиболее чистый. Символ Х обозначает, что сплав новый и пока не стандартизирован, то есть так называемый «временно стандартизированный сплав», например AZ81XA.

Обозначения магниевых сплавов по ASTM приведены ниже:

А — алюминий,

Z — цинк,

М — марганец,

К или W — цирконий,

Н — торий,

Е — редкоземельные металлы,

L — литий,

Q - серебро.

Например, сплав AZ31В содержит номинально 3% алюминия, 1% цинка, имеет отличительные особенности по содержанию марганца и примесей (железа, никеля), что показывает буква В, то есть сплав средней чистоты по примесям.

В Британском стандарте (BS) магниевые сплавы обозначаются символом MAG (MAGNESIUM) и порядковым номером. Для деформируемых сплавов обозначение усложняется введением дополнительной буквы, указывающей вид полуфабриката, например MAG-E-121 — магниевый сплав для прессованных (Extruded) полуфабрикатов, MAG-S-151 — магниевый сплав для листов (Sheets) и плит.

В Японии магниевые литейные сплавы обозначаются символом MC (Magnesium Castings), деформируемые магниевые сплавы - MP, MB, MS. Первая буква - магний (Magnesium), вторая - вид полуфабриката: P - плита, лист (Plate), B - пруток (Bar), S - профиль (Shape). Помимо буквенного обозначения в японской марке присутствует цифра номера сплава, например MC3, MP5 и т. п.

' Магниевые сплавы за рубежом, помимо стандартных обозначений, часто имеют дополнительные обозначения и торговые марки различных организаций и фирм. Например, сплав AZ31 (США) в Англии может иметь марку MAG-111, AZ31 Электрон А4, в Германии - MgA13Zn, Магнезал W383 и т. п.

Фасонные отливки и деформированные полуфабрикаты из магниевых сплавов поставляются заказчику в состояниях после литья и горячей деформации без термической обработки и в термически обработанных состояниях.

Термическая обработка может быть как упрочняющая, так и разупрочняющая (отжиг) с целью повышения пластичности, поэтому магниевые сплавы подразделяются на термоупрочняемые и термически неупрочняемые

Таблица 30. Классификация магниевых сплавов в зависимости от способа упрочнения

Группа сплавов	Способность сплавов упрочняться при	Марка литейных сплавов	Марка деформируемых сплавов
1	Термоупрочняемые	МЛ4, МЛ4п.ч МЛ5, МЛ5п.ч., МЛ5о.н., МЛ6, МЛ8, МЛ9	МА5, МА11, МА12, МАИ
11	Термически неупрочняемые	МЛ3	МА1, МА8, МА8п.ч., МА2, МА2-1, МА2-1 п.ч., МА15, МА17 МА18 МА19 МА20

Способы фасонного литья магниевых сплавов и принятое в стандартах России и их обозначение

В песчаные формы (в землю) - 3

По выплавляемым моделям - В

В кокиль (постоянные металлические формы) – К

В гипсовые формы - Г

В оболочковые формы - О

Под давлением - Д

Почти все литейные магниевые сплавы (кроме МЛЗ) являются термоупрочняемыми закалкой (Т4) или закалкой и искусственным старением (Тб). В табл. 8 приведены марки литейных магниевых сплавов по стандартам России, США, Великобритании и Японии с указанием их соответствия; в табл. 9 -10 — механические и основные физические свойства отечественных сплавов; в табл. 11 —химический состав и механические свойства магниевых литейных сплавов.

Предел текучести при сжатии литейных сплавов практически равен их пределу текучести при растяжении. Модуль упругости при растяжении (Е) литейных сплавов обычно находится в пределах $4,2-4,4 \times 10^4$ МПа. Химический состав, термическая обработка и технология получения отливок незначительно меняют модуль упругости. Модуль сдвига литейных сплавов составляет $1,5-1,6 \times 10^4$ МПа.

Коэффициент Пуассона литейных сплавов равен 0,31-0,35. Сплавы МЛ9, МЛ10, МЛ11, МЛ19 предназначены для длительной эксплуатации при температуре 200-300°С и кратковременной — при температуре 300-400°С.

При низких температурах модуль упругости, пределы текучести и прочности литейных сплавов увеличиваются на 10—30%, относительное удлинение снижается в 1,1-1,3 раза.

Типичные значения ударной вязкости литейных сплавов составляют 0,5-0,7 кгс-м/см².

Отношение предела усталости к пределу прочности литейных сплавов равно 0,35-0,5, то есть обычно предел усталости равен 50-90 МПа на базе 20×10^6 циклов.

Причем нижнее значение предела усталости характерно для образцов с надрезом, а верхнее значение — для гладких образцов.

Отношение предела прочности при срезе к пределу прочности при растяжении составляет 0,6- 0,8 для литейных сплавов, таким образом предел прочности при срезе равен 130-180 МПа.

Предел текучести при сдвиге литейных сплавов составляет 0,5-0,7 от предела текучести при растяжении.

Однозначной связи между прочностью и твердостью магниевых сплавов не существует. Твердость по Бринеллю магниевых сплавов — 350-900 МПа.

Таблица 31. Механические свойства литейных сплавов после длительных нагревов (1000 ч) при температуре 250°С|

Марка сплава	Состояние поставки	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
МЛ19	Т6	115	-	20
МЛ10*'	Т6	165	120	16

Таблица 32. Основные особенности и области применения российских и зарубежных магниевых литейных сплавов приведены ниже:

Марка сплава	Основные особенности и области применения
МЛ3	Применяется очень редко в связи с низкими прочностными свойствами
МЛ4	Для литья в землю (З) и оболочковые формы(О). Обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью.
МЛ4 п.ч.	Детали корпусов и систем управления самолетов, подвергающиеся статическим и динамическим нагрузкам. Корпуса приборов и переносных инструментов.
AZ63A	Вращающиеся детали (бобины) для текстильной промышленности, корпуса переносных инструментов, приборов.
МЛ1	Высокая прочность и хорошие пластичность и вязкость. Литейные свойства удовлетворительные. Отливки простой формы и небольших размеров
МЛ5	Удовлетворительная коррозионная стойкость
МЛ5 п.н.	Повышенная (в 5-10 раз) коррозионная стойкость по сравнению с МЛ5
МЛ3 о.н.	Пониженная коррозионная стойкость по сравнению с МЛ5. Малая склонность к образованию горячих трещин. Детали всех методов фасонного литья (З,К,О,И.Г,Д), в том числе сложной формы. Нагруженные детали, приборы, в т.ч. тормозные барабаны
AZ91C	Отливки с высокой прочностью, твердостью и хорошей пластичностью. Используется вместо сплава AZ63A, если не требуется высокая

	коррозионная стойкость
МЛ16	Хорошие литейные свойства и удовлетворительная герметичность при изготовлении отливок методами литья З, К, Д. Пониженная пластичность. Высоко- и средненагруженные детали - различные корпуса, детали приборов, аппаратуры. Целесообразно применять для деталей, требующих повышенного предела текучести
MAG3	Основной английский литейный сплав. Хорошие литейные свойства. Отливки герметичны. Применяется для литья под давлением (Д)
МЛ18	Высокие и однородные механические свойства при изготовлении отливок методами литья З, К, О. Микрорыхлота снижает свойства отливок в значительно меньшей степени, чем в случае сплава МЛ5. Литейные свойства удовлетворительные. Герметичность повышенная в сравнении с МЛ5. Высоконагруженные детали (кронштейны, фермы, детали управления, детали приборов, агрегатов и др.), в основном, простой конфигурации. Может заменять в конструкциях литейные и деформируемые алюминиевые сплавы АЛ9, АЛ4, АК4, АК6)
МЛ19	Детали с толщиной стенки 6 мм выдерживают пневмодавление более 15 МПа. Детали, работающие длительно при температуре до 250-300°C и кратковременно - 350-400°C
МЛ10	Хорошие литейные свойства (З,К). Рекомендуется для отливок сложной формы. Герметичность повышенная - отливки с толщиной стенки более 5 мм выдерживают пневмодавление до 25-30 МПа. Механические свойства отливок по сечению однородные, близкие к свойствам отдельно отлитых образцов. Детали характеризуются высокой стабильностью размеров, высокими значениями длительной прочности и сопротивления ползучести. Нагруженные детали, работающие длительно при температурах до 250°C, кратковременно - до 350°C
МЛ11	Детали двигателей, работающие при нагреве до 250-300°C. а также детали, от которых требуется повышенная герметичность. Недостаток сплава - пониженные прочностные свойства при комнатной температуре
МЛ12	Фасонные отливки сравнительно простой конструкции почти всеми методами литья - З,К,О,В,Г. Литейные свойства удовлетворительные. Отливки обладают высокими и однородными механическими свойствами. Герметичность повышенная по сравнению со сплавом МЛ5. Детали (колеса, реборды и др.), длительно работающие при температурах до 200°C и кратковременно - до 250°C. Сплав обладает хорошими характеристиками

	усталостной прочности
MAG4	Детали двигателей и самолетов
МЛ 15	- Герметичность отливок повышенная. Детали с толщиной стенки 3 мм выдерживают гидростатическое давление более 15 МПа и пневмодавление более 10 МПа. Механические свойства по всему сечению отливок однородные. Сплав рекомендуется для изготовления отливок методами литья З,К,Г,В, в том числе отливок сложной формы. Нагруженные детали, длительно работающие при температурах до 200°C, кратковременно - до 350°C. Нагруженные детали двигателей
E233A MAG8	Сплав работает при температурах 150-260°C. Корпуса двигателей
MC8	Применяется как материал с высокой герметичностью для работы при повышенных температурах
ZE41A	Многоцелевое применение, где требуются литейные свойства, хорошие усталостные свойства и сопротивление ползучести. Отливки имеют хорошую герметичность и однородность свойств. Применяется до температуры 160°C
HZ32A	Используется для деталей авиационных двигателей при температурах до 343°C. Обладает высокой жаропрочностью.
K1A	Пониженная прочность, но хорошие демпфирующие характеристики
OE22A	Высокопрочный сплав для работы при температурах до 316°C
OE21A	Применяется в деталях, где требуется высокий предел текучести при температурах до 250°C
ZE63A	Хорошие литейные свойства, высокая прочность, хорошая пластичность и высокое сопротивление усталостным нагрузкам, не имеет тенденции к микропористости. Упрочняется при термообработке в среде водорода
ZK61A	Самая высокая удельная прочность в сочетании с хорошей пластичностью. Барабаны авиационных колес.

В зависимости от состава сплава, вида и режима термообработки полуфабриката модуль упругости при растяжении (E) находится в пределах $(4,1-4,4) \times 10^4$ МПа. Для сплавов с литием (МА18, МА21) $E=(4,4-4,6) \times 10^4$ МПа.

Модуль сдвига деформируемых магниевых сплавов составляет $(1,5-1,6) \times 10^4$ МПа; коэффициент Пуассона — 0,31-0,35.

Предел усталости деформируемых магниевых сплавов на базе 2×10^7 циклов равен: для гладких образцов — 80-130 МПа; для образцов с надрезом (надрез $a_k = 2,2$) — 50-100 МПа.

Отношение предела прочности при срезе к пределу прочности при растяжении равно приблизительно 0,7 для деформируемых магниевых сплавов и изменяется в пределах 120-220 МПа; составляет 0,35-0,45 от предела текучести при растяжении; твердость по Бринеллю — 400-800 МПа.

В табл. 16 -17 приведены режимы термической обработки отечественных магниевых сплавов; в табл. 18 - 19 — зарубежных.

Таблица 33. Области применения магниевых деформируемых сплавов приведены ниже

Марка сплава	Основные особенности и области применения
МА1	Повышенная коррозионная стойкость. Сплав не склонен к коррозии под напряжением. Хорошая технологичность и свариваемость. Емкости для бензина, масла, детали трубопроводов, различные детали и сварные конструкции, подвергающиеся умеренным нагр ^{кам}
МА1А	Наиболее высокие характеристики прессования
MAG-S-101 МА-Е -101	Низкая прочность и хорошая свариваемость. Применяется в емкостях для топлива и масел
МА2	Удовлетворительная [^] коррозионная стойкость, небольшая склонность к коррозионному растрескиванию. В интервале температур 275-400 °С - высокая пластичность. Кованные и штампованные детали сложной конфигурации для сварных конструкций. Плиты для полиграфической промышленности (клише и др.)
AZ318 AZ31C	Сплавы общего назначения - свариваемые, средняя прочность и хорошая технологичность (и при 20 °С). Высокая технологичность при прессовании.
MAG-S-111	Сплавы общего назначения
MP1,MB1,MS1	Хорошая технологичность, в том числе при горячей прокатке
МА2-1, МА2-1 п.ч.	Удовлетворительная коррозионная стойкость (МА2-1). Сплав МА2-1пч - более высокая коррозионная стойкость. Детали вертолетов, оперения, люки, дверцы, сидения, детали внутреннего набора самолетов, панели.

MA5	Коррозионная стойкость удовлетворительная, склонность к коррозионному растрескиванию. Технологическая пластичность ниже, чем у сплава MA2-1. Нагруженные детали
AZ80A	Высокопрочный сплав. Прессованные полуфабрикаты, штамповки и поковки (барабаны авиационных колес)
MA8. MA8 п.ч.	Сплав MA8 п.ч. более коррозионностоек, чем сплав MA8. Оба сплава не склонны к коррозионному растрескиванию. Хорошая технологичность и удовлетворительная свариваемость. Емкости для бензина, масла и других не агрессивных по отношению к магнию жидкостей, детали трубопроводов, а также различные детали и сварные конструкции, подвергающиеся умеренным нагрузкам. Листы для обшивки, детали внутреннего набора, электрохимического назначения. Плиты для панелей самолетов. Штамповки для деталей сложной конструкции
MAM	Повышенная коррозионная стойкость. Сплав применяется только в виде прессованных полуфабрикатов и штамповок (невысокая технологическая пластичность). Высокое сопротивление ползучести до 250°C

Тема : Особенности литейной формы

Магниевого сплавы. Отличительным свойством магниевых сплавов является их высокая химическая активность по отношению к кислороду. При плавке и заливке расплавленного металла возможно загорание (бурное окисление) металла. Поэтому формовочные смеси для магниевых отливок должны содержать специальные защитные присадки— фтористые соли 5—10%, или серу до 1%,или борную кислоту до 0,5%. Защитными составами опрыскивают снаружи и стержни. Формовочные смеси должны содержать минимальное количество влаги, иметь повышенную газопроницаемость.

Особенностями магниевых сплавов являются низкая жидкотекучесть, большая усадка, повышенная склонность к образованию трещин, особенно в местах резкого изменения толщины стенки отливки в острых углах. Это определяет некоторые особенности в приемах формовки. Расположение отливки в форме следует выбирать таким образом, чтобы избежать образования больших горизонтальных поверхностей, так как на этих плоскостях будут скапливаться плены, шлаковые включения.

Особенно важно предотвратить образование окислов в самой литниковой системе и не допустить попадание шлаков и окислов в полость формы вместе с расплавом. Верхний подвод металла в форму обеспечивает последовательное затвердевание отливки, но не избавляет от окисных плен. Для магниевых сплавов предпочтительнее устраивать литниковую систему с нижним подводом жидкого металла — сифоном.

Если отливка имеет значительную высоту или сложную конфигурацию, необходимо применять литниковую систему с подводом жидкого металла в полость формы на разных уровнях (двойная литниковая система).

В формах для отливок типа п оршней, т. е. тонкостенных деталей цилиндрической формы, устанавливают вертикальную (щелевую) литниковую систему.



Рисунок 110. . Вертикально-щелевая литниковая система для отливок из магниевых сплавов:

а — стояк, б — коллектор круглого сечения, в — щелевой питатель

Горячий металл всегда находится в верхних слоях, что обеспечивает направленную кристаллизацию отливки.

Литниковая система для магниевых отливок имеет литниковую чашу, стояк, литниковую сетку, металлоприемник, коллектор, шлаковыпор, питатели, выпоры. В зависимости от массы и конфигурации отливки не все перечисленные элементы литниковой системы могут применяться одновременно. Литниковые чаши используют для крупных отливок, чтобы обеспечить спокойное заполнение стояка жидким металлом и частичное отделение шлаков. Чаши делают из формовочной или стержневой смеси. При литье магниевых сплавов применяют круглые, прямоугольные (щелевые) и змеевидные стояки. Наиболее просто формуют круглый стояк. Но в этом случае возможен захват воздуха при вращательном движении струи расплава в стояке при заливке. Поэтому целесообразно применять стояки небольшого диаметра. Для мелких отливок (до 10 кг) рекомендуемый диаметр стояка 12—15 мм; для средних и крупных отливок— 15—22 мм.

Отливки высотой более 300 мм формуют с применением щелевых стояков, которые можно выполнять специальным стержнем. Завихрения расплава в щелевом стояке минимальны. При небольшой высоте опоки щелевой стояк выполняют в форме, но при этом нельзя сильно уплотнять формовочную смесь в зоне стояка, чтобы избежать кипения расплава и выброса его из формы.

Стояки с изгибом (змеевидные) применяют совместно с вертикальным щелевым питателем. Они обеспечивают плавное заполнение формы с регулируемой скоростью. Но устройство их в песчаной форме сложно. Применяют их чаще всего при изготовлении отливок в металлических формах с вертикальной плоскостью разъема.

Для уменьшения удара струи расплава и для частичного удерживания шлака часто применяют сетки, устанавливаемые в основании стояка. Применяют керамические сетки или сетки из металлического листа толщиной 0,3—0,5 мм. В обоих случаях диаметр отверстий сетки должен быть около 2 мм. Металлоприемник устанавливают в форме для смягчения удара расплава при поступлении его в коллектор, сечение коллектора выполняют больше сечения стояка для уменьшения скорости течения расплава. При этом шлак и плёны будут успевать подниматься вверх (отстаиваться). Коллектор располагают вокруг полости формы с тем, чтобы подвести металл в возможно большее число мест отливки. Это делают для предупреждения местного перегрева в отливке, а также для быстрого подвода жидкого металла в форму. Для более плавного подвода расплава рекомендуется размещать часть коллектора в верхней опоке (примерно на $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ высоты). Для более полного удерживания шлака в форме делают шлаковыпоры или на концах коллектора наколы диаметром 10—20 мм. Целесообразно применять питатели плоской формы с размерами по высоте 4—6 мм, по ширине 20—60 мм или рожковые. Последние выполняют при помощи стержневой вставки или непосредственно в форме. На рисунке изображены плоский питатель со скруглением и подвод рожковых питателей к телу отливки. Выпор формуют размером на 20—30% больше, чем для алюминиевых отливок. Применяют установку выпора на отливке или выполняют отводной выпор.

Плавка магниевых сплавов требует применения защитных средств, изолирующих расплав от соприкосновения с воздухом, так как он в расплавленном состоянии энергично реагирует с кислородом воздуха. В настоящее время в промышленности применяют плавку магниевых сплавов в вакууме; в водороде и аргоне, с добавкой металлов, понижающих окисляемость, под слоем защитных флюсов. Плавка в вакууме — сложный способ, так как требует специальной плавильной печи с вакуумной установкой; применяется редко. Плавка в атмосфере нейтральных газов водорода и аргона ввиду сложности не нашла широкого применения в промышленности. Плавка с добавкой металлов, понижающих окисляемость, — распространенный способ. Чаще всего как добавку используют бериллий. После введения 0,001—0,002% бериллия окисляемость магниевого сплава резко снижается. Бериллий уплотняет оксидную пленку, находящуюся на поверхности магния, придавая ей защитные свойства. Однако бериллий снижает качество отливок, так как способствует образованию крупных зерен, что может привести к появлению трещин и других литейных пороков. Плавка под слоем защитных флюсов — самый распространенный способ. Флюсы создают на поверхности расплава защитный покров, изолирующий сплав от контакта с воздухом, а также удаляют из расплава окислы и другие вредные соединения, образовавшиеся во время плавки. Плавку магниевых сплавов под слоем защитных флюсов осуществляют в выемных тиглях. Тигли перед началом плавки очищают от остатков предыдущей плавки и проверяют. Затем тигель устанавливают в газовую или электрическую печь, нагревают до температуры 400—500° С и присыпают дно и стенки флюсом (MgCl_2 34—40%, KCl 25—36%, $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ не больше 8%, CaF_2 15—20%, MgO 7—10%). Флюс составляет 2—3% массы загружаемой шихты. После расплавления флюса производят загрузку шихтовых материалов в твердом или жидком состоянии. Твердые шихтовые материалы сверху засыпают флюсами и следят за тем, чтобы они во время расплавления не загорались. Если загорание все же происходит, его присыпают флюсом. Расплав нагревают до 700—720° С и рафинируют. При рафинировании, которое длится 4—6 мин, расплав осторожно перемешивают, а зеркало расплава засыпают флюсом. Затем с поверхности снимают загрязненный флюс и шлак и подогревают расплав для модифицирования различными присадками до температуры 720—780° С. После модифицирования засыпают свежий флюс и выдерживают расплав в течение 10—15 мин. В это время берут пробу на химический экспресс-анализ (быстрый), а затем заливают расплав в пресс-форму. При этом следят, чтобы в пресс-форму не попал флюс. Цехи и отделения, занимающиеся плавкой и

обработкой магниевых сплавов, должны быть обеспечены материалами для тушения очагов возгорания. На тушение 1 кг магния требуется 100 г молотого флюса или до 2 кг сухого кварцевого песка или сухого графита в порошке, или сухого магнезита, или окиси магния.

Изготовление отливок методом литья в оболочковые формы (Shell Moulding) базируется на способности синтетических смол необратимо затвердевать при нагревании. Процесс был разработан и запатентован И. Кронингом в Германии во время Второй мировой войны, потому его иногда называют Croning process. Он позволяет получать высококачественные отливки с превосходными: размерной точностью (по ISO-IT 12...14 квалитет) и качеством поверхности отливки ($R_z = 80 \dots 40$ мкм), из широкой гаммы черных и цветных сплавов и по более низкой цене, чем при литье по выплавляемым моделям. Обычно в оболочковых формах изготавливают сложные тонкостенные отливки развесом от 0,2 до 100 кг, с толщиной стенки 3...15 мм. Оболочковая форма состоит из двух полуформ, соединенных между собой скобами или путем склеивания. Технология изготовления оболочковых полуформ из песчано-смоляных смесей на основе сыпучих термореактивных смол (пудвербакелита) заключается в нанесении термореактивной смеси на покрытую разделительным составом металлическую модельную плиту, предварительно разогретую до 220-280°C, одним из следующих способов:

- методом свободной засыпки смеси из поворотного или стационарного бункера;
- методом засыпки с вибрацией (время: 2-5 с, частота: 2500-3000Гц);
- методом засыпки с допрессовкой;
- пескодувным методом.

Указанные методы различаются, по сути, лишь приемами нанесения песчано-смоляной смеси на модельную оснастку. Бункерный способ обычно применяют в мелкосерийном и серийном производстве, в крупносерийном и массовом производстве обычно используют пескодувные машины. Входящий в состав смеси пудвербакелит, нагреваясь на модельной плите, расплавляется и спекается, образуя оболочку толщиной 8-20 мм (в зависимости от времени выдержки – 20-50 с). В дальнейшем, модельная плита с оболочкой поступает в печь с температурой 300-350°C для окончательного (необратимого) отверждения в течение 1-2 мин. На следующей стадии процесса оболочковую полуформу снимают с модельной плиты с помощью толкателей. Аналогичным образом получают вторую полуформу. Полуформы склеивают или соединяют скобами (зажимами), полученная оболочковая форма готова к заливке.

Бункерный способ изготовления оболочковых форм

В мировой практике широкое применение получил бункерный способ формообразования оболочки, основанный на использовании поворотного бункера, для свободной засыпки формовочной смесью металлической модельной плиты. Чуть ниже на этой странице, мы приводим учебный фильм повествующий о данной технологии, снятый в одном из европейских университетов. К сожалению повествование идет на испанском языке. Потому небольшой комментарий перед просмотром. Технологический процесс предусматривает следующие технологические операции:

1. Заполнение поворотного бункера песчано-смоляной смесью.
2. Нанесение разделительного состава на модельную плиту.
3. Разогрев модельной плиты накатной печью до 200-250°C.
4. Перемещение печи на позицию ожидания.
5. Размещение разогретой модельной плиты сверху, на раме поворотного бункера, путем ее поворота на 180° в шарнире.
6. При последующем повороте бункера на 180° осуществляется засыпка модельной плиты сухой смесью. Для формирования оболочки толщиной 5 — 15 мм плиту выдерживают под смесью в течение 15 — 20 с. Смола быстро плавится и затвердевает, образуя полутвердую оболочку.
7. Бункер поворачивают назад на 180° (в исходную позицию).
8. Крышка бункера — модельная плита, с находящейся на ней оболочковой полуформой, открывается, поворотом в шарнире на 180°.
9. Накатная печь наезжает сверху на модельную плиту и оболочковую форму, нагревая последнюю до температуры 300 — 350°C в течение 1 — 3 мин. Для окончательного отверждения оболочки.
10. Печь отъезжает на позицию ожидания.
11. Твердую оболочковую полуформу снимают с модельной плиты толкателями, приводимыми в движение сквозь плиту механизмом съема.
12. Перед сборкой полуформ, в нижнюю полуформу (при необходимости) устанавливают стержни, на поверхность разъема наносят клей. Склеивают оболочки по на специальных многоштыревых прессах. Центрирование полуформ осуществляют по выступам и впадинам на разъеме, оформленных при изготовлении оболочек соответствующими элементами модельной оснастки.

13. Заливают оболочковые формы в контейнерах с засыпкой сухим песком (возможно использование дробы для повышения прочности форм и ускорения отвода тепла при кристаллизации).

Предлагаем посмотреть фильм о производстве оболочковых форм бункерным способом:

Материалы для производства оболочковых форм

В качестве разделительных покрытий, предотвращающих прилипание сухой формовочной смеси к модельной плите, используют: силиконовые жидкости; минеральные масла; раствор синтетического термостойкого каучука в бензине (выдерживает до 50 съемов); эмульсии КЭ-60-09, КЭ-10-01, озокерит М60; СКТ-Р (3-4%-ный раствор каучука марки СКТ в уайспирите). Покрытия наносят с помощью пульверизатора на горячие модельные плиты. Для склеивания полуформ используют сухой пульвербакелит или жидкий клей, состоящий из 32,4% пульвербакелита; 54,1% машинного масла и 13,5% керосина. Смеси для изготовления оболочковых форм состоят из огнеупорного наполнителя, термореактивных смол и различных добавок, для улучшения технологических свойств. В литейном производстве используются смеси двух типов: плакированные и неплакированные. В плакированной смеси зерна песка покрыты сплошной тонкой пленкой смолы, в неплакированной смеси смола находится в тонкомолотом порошкообразном состоянии. Неплакированные смеси пригодны только для изготовления оболочковых полуформ методом засыпки. Формовочная смесь содержит наполнитель — мелкозернистый кварцевый песок (или маршалит) — 100%; связующее — пульвербакелит (фенолформальдегидная смола СФ-12, СФ-15 и др. с добавкой уротропина в количестве 8–12% от содержания смолы или уже готовые связующие фенольные порошковые СФП-011Л, СФП-012Л, СФП-015Л) — 5-7%; увлажнитель (керосин, глицерин) — 0,2-0,5%. Приготовление в следующей последовательности: сухой, просеянный песок засыпают в смеситель и добавляют 0,4% увлажнителя. После 2-3 минут перемешивания вводят 5% пульвербакелита и продолжают перемешивание в течение 5 мин. В серийном и массовом производстве оболочковые формы обычно изготавливают пескодувным способом с использованием плакированных смесей (иностранцы часто именуют эти смеси, как плакированный песок). Сущность плакирования состоит в том, что в смесь вводят 4-6% жидкой смолы, которая равномерно обволакивает зерна песка в процессе перемешивания. После испарения растворителя пленка прочно удерживается на поверхности зерен песка. Известно несколько способов плакирования песка. Плакированные смеси в готовом виде производятся специализированными предприятиями, как в Украине так и за ее пределами.

Тема: Изготовление оболочковых форм и стержней

В отличие от обычных песчаных форм и сплошных стержней при этом способе литья применяются полые стержни и формы в виде оболочек, толщина стенок которых составляет 4-7 мм. При изготовлении оболочковой формы используются формовочные смеси, состоящие из мелкозернистого сухого кварцевого песка, смешанного с порошкообразной фенольно-формаль-дегидной смолой (пудербакелитом). Благодаря пластичности и высокой прочности смеси толщину стенок форм и стержней можно свести к минимуму. Для изготовления оболочковых форм обычно используют чугунные или стальные модельные плиты. После подогрева до температуры 200 - 240° модельная плита смазывается силиконовым маслом или другим разделительным материалом. Плиты накладывают на бункер, содержащий формовочную смесь, после чего бункер вместе с плитой переворачивают на 180°. Тепло нагретой плиты растапливает связующий материал смеси в прилегающем к плите слое. Пластичная формовочная смесь, обволакивая модель, образует таким образом ее негатив. Когда толщина слоя формовочной смеси становится достаточной (что наступает через несколько десятков секунд), бункер вместе с плитой вновь поворачивают на 180°. Формовочная смесь, которая не прогрелась в достаточной степени, сыпается на дно бункера. Образовавшуюся на модельной плите оболочку вместе с плитой снимают и помещают в печь для дальнейшего затвердевания, которое происходит в течение 1--2 мин. при 350°. Далее с помощью толкателей оболочку снимают с плиты. Освободившаяся модельная плита готова для формовки следующих оболочек. В изготовленные подобным образом половинки форм вкладывают стержни, обе половинки соединяют и скрепляют скобами. Формы для заливки устанавливают в ряд в ящике, а пространство между ними заполняют металлической дробью, которая упрочняет стенки формы. Для небольших отливок, когда ферростатическое давление невелико, можно половинки формы только склеивать под прессом.

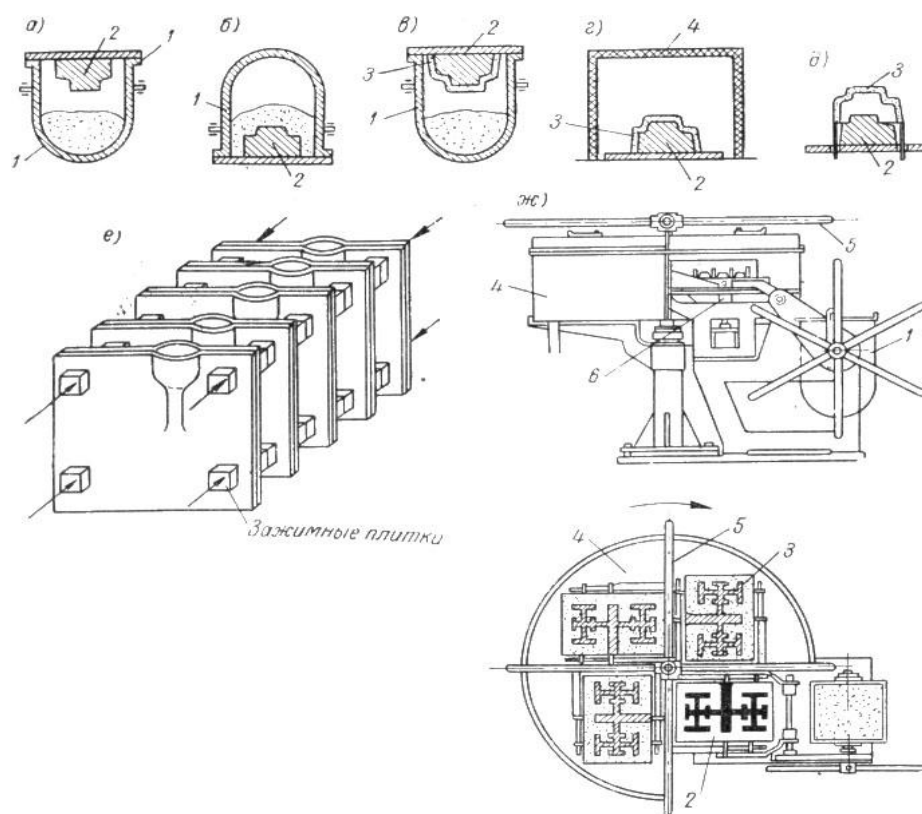


Рисунок 111. Изготовление оболочковых форм (процесс С): а - установка горячей модельной плиты на бункер с формовочной смесью; б - поворот бункера - образование оболочки; в - поворот бункера - снятие плиты совместно с оболочкой; г - упрочнение - спекание оболочки в печи; д - снятие оболочки с плиты; е - сборка оболочковых форм для заливки; ж - четырехпозиционная формовочная машина для оболочковых форм:

1 - поворотный бункер; 2 - модельная плита; 3 - оболочка; 4 - печь; 5 - крестовина;

6 - механизм для снятия с плиты готовой оболочки.

Оболочковые стержни изготавливаются путем вдувания в подогретые металлические ящики смеси кварцевого песка и термореактивной смолы, которая после нагрева образует оболочку. Неспекающаяся смесь удаляется, а полость в готовом стержне, если есть необходимость в его упрочнении, заполняется кварцевым песком. На Рис. 2 показаны оболочковые формы и стержни.

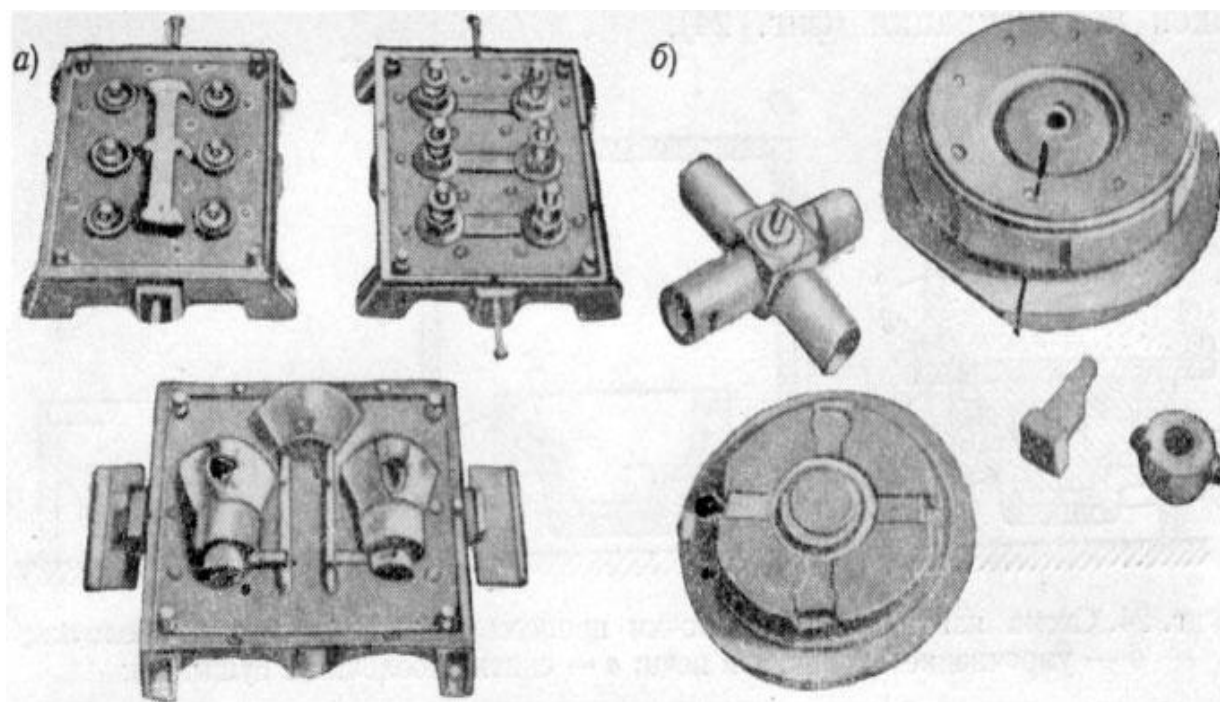


Рисунок 112 . Оболочковые формы (а) и стержни (б).

После заливки формы металлом смола частично выгорает, а сама форма рассыпается, что облегчает очистку отливок. Готовые оболочковые формы и стержни неигроскопичны, поэтому их можно хранить до заливки металла в течение длительного времени. Из-за малой толщины стенок оболочковые формы отличаются хорошей теплоотдачей. Поверхность отливок, изготовленных в оболочковых формах, получается гладкой и чистой (4-5-й классы чистоты по PN). Точность размеров отливок обычно соответствует 12-14-му классам по ISA; при этом следует помнить, что точность размеров, находящихся в плоскостях, пересекающих поверхность разъема формы, более низкая, чем других размеров, не расположенных в таких плоскостях. В оболочковых формах могут быть изготовлены отливки из многих литейных сплавов, вплоть до кислотостойкой стали. Только получение отливок из низкоуглеродистой стали и магниевых сплавов вызывает известные трудности. Однако при строгом соблюдении технологии можно получить здоровые отливки и из этих сплавов. Способ литья в оболочковые формы наиболее пригоден для изготовления сложных и точных тонкостенных отливок, таких как головки, цилиндры небольших двигателей, распределительные валы автомобильных двигателей, клапаны и т. п. В настоящее время в оболочковые формы заливается до 40% по весу всех деталей двигателя легковой автомашины. Вес отливок колеблется в пределах от нескольких граммов до десятков килограммов.

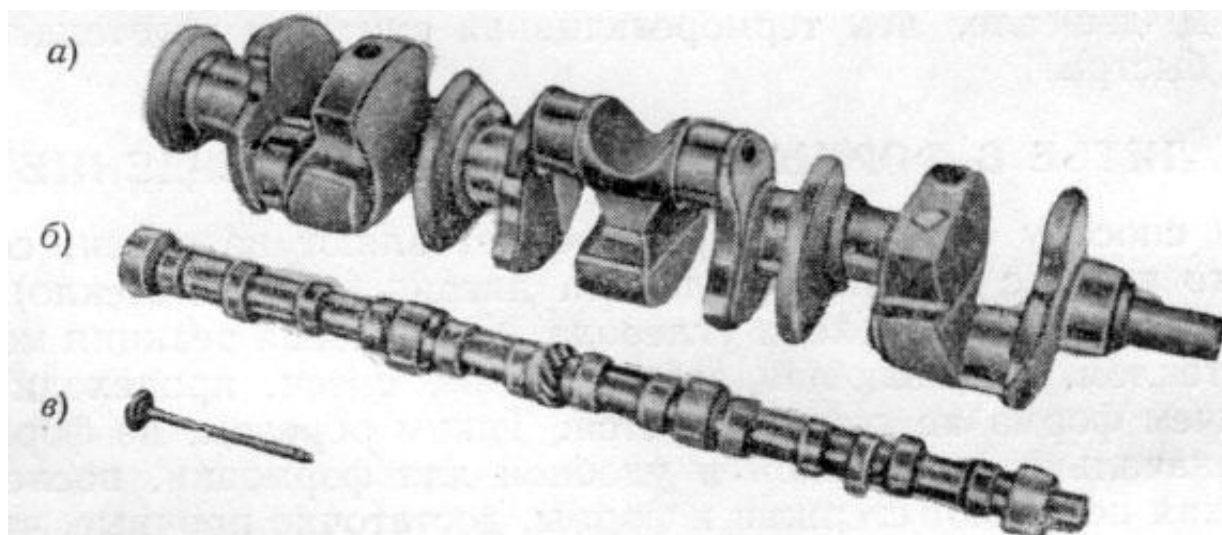


Рисунок 113.. Автомобильные детали, отлитые в оболочковых формах: а - коленчатый вал; б - распределительный вал; в - клапан.

Изготовление оболочковых форм сравнительно легко автоматизировать, В настоящее время на многих автозаводах работают формовочные одноплитные и многоплитные полуавтоматы и автоматы. На Рис. ж была показана четырехпозиционная машина производительностью 60-80 форм в час. Над столом машины находится крестовина 5, оборудованная держателями плит, которые вместе с оболочками проходят через нагревательную печь 4. Во время работы три плиты постоянно находятся в печи (плиты, затемненные на рисунке), а с четвертой (2) при помощи механизма 6 снимается готовая оболочка. Кроме описанного способа, известного в зарубежной литературе под названием «процесс С» (первая буква фамилии изобретателя - Croning), существуют другие способы, основанные на том же принципе использования тонкостенных оболочек; например, так называемый «процесс Д» (Dietert), в основе которого лежит получение оболочек путем вдувания формовочной смеси в зазор между моделью 5 и перекрывающим ее сушителем 7 соответствующей конфигурации.

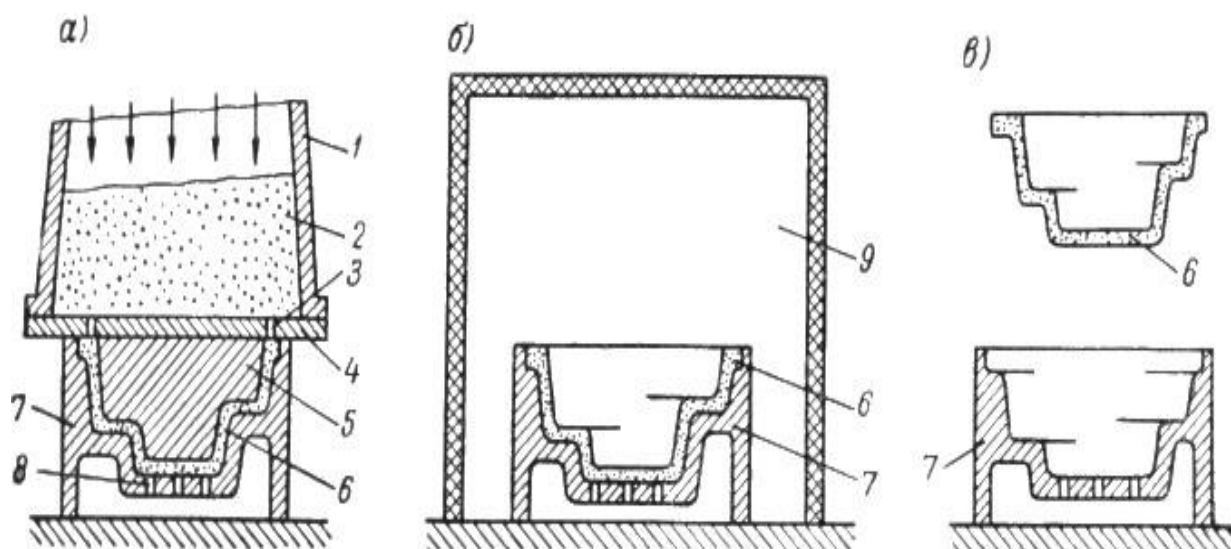


Рисунок 114. Схема изготовления оболочки процессом Д: а - надувка оболочки; б - упрочнение оболочки в печи; в - снятие оболочки с сушителя:

1 - камера пескодувной машины; 2 - формовочная смесь; 3 - отверстия для надувки смеси; 4 - подмодельная плита; 5 - модель; 6 - оболочка; 7 - сушитель; 8 - вентиляционные отверстия; 9 - печь.

После удаления модели сушитель вместе с оболочкой помещается в печь (Рис. б).

Высушенную оболочку вместе с сушителем удаляют из печи и затем с него снимают (Рис. в). Процесс Д употребляется чаще, чем процесс С, ввиду того, что связующие материалы для формовочной смеси в процессе Д дешевле, чем термореактивная смола, и изготовление форм происходит быстрее.

Тема: Сборка и заливка форм и стержней

Сборка оболочковых форм состоит из операций постановки стержней, нанесения клея на плоскость разъема одной из полуформ, наложения на нее второй полуформы и обжата собранной формы на период отверждения клея. В отечественной практике используют термореактивные клеи, отверждающиеся теплом, аккумулированным в полуформах после их изготовления. Прокаливание оболочковых форм проводится при их нагреве в печи 10 (рис. 14.2, е) до 850 - 950° С с целью удаления остатков модельных составов и газотворных веществ из материала оболочки, а также завершения процессов ее твердения. Это способствует улучшению условий заливки металла. При прокаливании керамической формы в вакууме или псевдоожиженном слое горячего песка ее температура нагрева может быть снижена в связи с активизацией процессов возгонки, деструкции или окисления удаляемых из формы продуктов распада модельного материала. Сборка оболочковых форм состоит из операций постановки стержней, склеивания полуформ и обжата собранной формы при t 140-150°С. Формы размером до 300х500 мм и металлоемкостью до 15 кг при толщине стенки не более 25 мм можно заливать без опорного материала. В остальных случаях перед заливкой оболочковые формы засыпают опорным материалом, чаще всего чугуной дробью Ø 4-5 мм. Комплексная механизация производства литья в оболочковые формы весьма эффективна при годовых объемах выпуска литья 5000 тонн и более.

Тема : Литье по выплавляемым моделям

Литьем по выплавляемым моделям (точным литьем), изготавливают отливки весом от нескольких граммов до десятков килограммов с толщиной стенок до 0,5 мм. Этим способом достигается чистота поверхности 5—6-го классов и точность для большинства деталей 5—7-го классов, а в некоторых случаях — 3-го класса. Сущность процесса литья по выплавляемым моделям состоит в следующем. Из легкоплавких модельных составов в специальных пресс-формах изготавливаются модели деталей и литниковой системы. Их соединяют и получают «блок моделей», на который в несколько слоев наносят суспензию-жидкое облицовочное покрытие состоящее из огнеупорной основы и связующего раствора. Каждый слой суспензии обсыпают сухим песком и просушивают, вследствие чего на модели образуется оболочка формы. Далее следуют выплавление моделей, прокаливание формы и заливка ее металлом. Преимущества литья по выплавляемым моделям по сравнению с литьем в песчано-глинистые разовые формы заключаются в следующем:

- отсутствие разъема формы, что обеспечивает повышенную точность размеров и массы отливок;
- уменьшение параметров шероховатости поверхности и существенное улучшение внешнего товарного вида отливок;
- улучшение заполняемости форм из-за их предварительного подогрева;
- улучшение условий затвердевания отливок в силу более медленного охлаждения;
- сокращение в несколько раз объема переработки и транспортирования формовочных материалов;
- уменьшение объема механической обработки отливок.

Кроме того, для литья по выплавляемым моделям характерна меньшая жесткость оболочки, что следует рассматривать как достоинство метода в сравнении с методами литья в кокиль.

Основные недостатки метода литья по выплавляемым моделям:

- относительно высокая стоимость формовочных материалов;
- сложность модельной оснастки;
- повышенное выделение вредных химических веществ в ходе термического удаления модельного вещества.

К пресс-формам предъявляются следующие основные требования..

1. Размеры и чистота поверхности полости пресс-формы должны обеспечивать получение отливок с заданной точностью и чистотой поверхности. При этом точность размеров и чистота поверхности рабочей полости пресс-формы должны быть на 1—2 класса выше требуемой точности и чистоты поверхности отливки.
2. Пресс-формы должны иметь минимальное количество разъемов, причем должно быть обеспечено удобное, быстрое и надежное извлечение моделей. Извлечение модели из пресс-формы без повреждений и искажений достигается правильным выбором разъема, выполнением уклонов и применением выталкивающих устройств. Величину уклонов принимают не менее $0,5^\circ$. Выталкиватели делаются местными или сплошными. Местные выталкиватели могут оставлять следы на моделях, поэтому их надо ставить на обрабатываемых или на неотчетливых поверхностях, сплошные выталкиватели не оставляют следов на поверхности модели. Для удаления воздуха из полости пресс-формы при заполнении ее модельным составом на разъемах делают тонкие риски (0,1 мм), а в глухих углублениях, где образуются воздушные мешки, следует предусматривать тонкие вентиляционные отверстия.
4. Размеры каналов для подвода модельного состава должны обеспечивать получение модели без пузырей, усадочных и других дефектов. Место подвода не должно портить поверхность модели и должно компенсировать объемную усадку. Если питатели отливки нельзя использовать как литники модели, Следует подводить модельную массу в наиболее толстые сечения модели и к обрабатываемой поверхности данной отливки.
5. Пресс-форма должна быть удобной в работе. Для удобства сборки и разборки на пресс-форме предусматриваются ручки, приливы или углубления для пальцев рук, а также зажимные приспособления для быстрого и надежного закрывания пресс-формы.
6. Детали и узлы пресс-формы должны быть прочными, жесткими и изнаноустойчивыми. Стальные пресс-формы выдерживают до 100 тыс. съёмов моделей и более. К стальным пресс-формам по изнаноустойчивости приближаются литые из цинково-алюминиево-медных сплавов. Пресс-формы из других легкоплавких сплавов допускают около 1 тыс. съёмов. Для увеличения срока службы пресс-формы часто армируют.

7. Конструкция пресс-формы должна быть технологичной в изготовлении. Сложные детали пресс-формы, изготавливаемые механической обработкой, целесообразно расчленять на более простые элементы. Изготовление гипсовых и литых металлических пресс-форм одинаково и осуществляется по мастер-модели в металлических обоймах. Часто применяются и комбинированные пресс-формы. Часть их деталей изготавливается механической обработкой, а наиболее сложные детали — отливкой по мастер-модели методом гальванопластики и другими способами. По способу подвода металла к отливке все литниково-питающие системы делятся, на четыре типа. Правильно построенная литниковая система должна обеспечить:

- 1) хорошее заполнение формы;
- 2) получение отливок без усадочных раковин, рыхлот и пористости, без инородных включений и коробления
- 3) высокие механические свойства металла отливок.

Вес литниковой системы и ее габариты должны быть возможно меньшими. Модель литниковой системы представляет собой несущую конструкцию и должна быть прочной. Обычно металл подводится к толстым частям отливок. Питание всех массивных узлов отливки осуществляется только от стояка или коллектора через питатели, или одни узлы отливок питаются от специально установленных прибылей. Такое построение литниковой системы обеспечивает надежное питание и направленное затвердевание отливок. Размеры элементов литниковой системы определяются факторами, характеризующими скорость охлаждения отливок. Критерием скорости охлаждения отливки является ее приведенная толщина, т. е. отношение площади сечения тела отливки к его периметру. Приведенная толщина характеризует скорость охлаждения отливки только при малой интенсивности теплообмена. Размеры стояков и питателей определяются в зависимости от толщины массива отливки, веса отливки и длины питателя.

Модели.

При выборе составов для изготовления моделей руководствуются Следующими требованиями:

- 1) температура плавления должна быть в пределах 60—100°, а температура начала размягчения — выше температуры рабочего помещения.

- 2) усадка при охлаждении и расширение при нагреве должны быть минимальными и стабильными;
- 3) удельный вес должен быть невысоким (желательно меньше 1;
- 4) состав должен обладать хорошей жидкотекучестью;
- 5) время затвердевания состава в пресс-форме должно быть минимальным;
- 6) состав должен точно воспроизводить конфигурацию рабочей полости пресс-формы;
- 7) состав не должен прилипать к поверхности пресс-формы и взаимодействовать с материалом пресс-формы;
- 8) компоненты состава не должны растворяться в связующих облицовки;
- 9) в твердом состоянии состав должен иметь достаточную твердость и прочность;
- 10) состав должен обладать хорошей спаиваемостью,
- 11) состав должен быть пригодным для многократного использования;
- 12) состав должен хорошо смачиваться облицовочным составом;
- 13) зольность состава должна быть минимальной;
- 14) состав должен быть безвредным для здоровья работающих;
- 15) компоненты состава должны быть дешевыми;
- 16) приготовление составов должно быть несложным.

Применяемые модельные составы могут быть классифицированы:

- а) в зависимости от основных компонентов и их соотношения,
- б) в зависимости от температур плавления и размягчения, прочности и т.д.;
- в) по состоянию при введении в пресс-форму (жидкие составы, пастообразные, подогретые до размягчения)

;г) по способу удаления из литейных форм (выплавлением, растворением, выжиганием).

В последнее время предложены новые модельные составы парафин-полиэтиленовые, церезин-полиэтиленовые и парафин-церезин-полиэтиленовые. Легкоплавкие модельные составы (парафин, стеарин, церезин и др.) готовят в водяных, глицериновых или масляных банях с электрическим или газовым подогревом; применяют также бани-термостаты. Пастообразные модельные составы при малом масштабе производства готовят вручную, при более крупном — на специальных установках. Модельные составы с высокой температурой плавления (канифоль, полистирол и др.) изготовляют в специальных поворотных электропечах, оснащенных терморегуляторами. Способы изготовления моделей разнообразны. Модельный состав вводят в полость формы следующими способами: свободной заливкой, запрессовкой в пастообразном состоянии; заливкой под давлением; запрессовкой под высоким давлением подогретых до состояния размягчения порошка или крупки модельных составов типа пластмасс. Температуру расплавления перед заливкой нужно постоянно контролировать (в зависимости от состава массы температура заливки должна быть в пределах 60—120°). Применение пустотелых моделей дает возможность повысить точность отливок, сократить время изготовления моделей, снизить расход модельного состава и сократить потери последнего, уменьшить вес модельного блока, упростить и сократить процесс выплавки моделей. Способ введения модельного состава в полость пресс-формы в пастообразном состоянии под давлением нашел в практике производства наибольшее распространение. Запрессовка пастообразного модельного состава осуществляется с помощью разнообразных устройств — от простейшего ручного шприца до сложных машин-автоматов. Модельный состав запрессовывается из цилиндра-резервуара в полость формы под давлением поршня или сжатым воздухом, давящим непосредственно на расплавленный модельный состав. Модели из термопластических материалов типа полистирола изготавливаются на специальных прессах, применяемых при штамповке различных изделий из пластмасс. Принцип работы машин состоит в том, что подогретый пластический материал, загружаемый в машину, обычно в порошкообразном виде, размягчается в обогревательном цилиндре и под высоким давлением поршня запрессовывается в полость пресс-формы через специальный литниковый ход. Для получения плотного изделия давление после заполнения полости пресс-формы повышается. По окончании выдержки для твердения (несколько секунд), половинки пресс-формы раздвигаются, и готовое изделие выталкивается в лоток.

Сборка готовых моделей в блоки осуществляется различными способами.

- а) модели деталей припаиваются к модели литниковой системы с помощью подогретого лезвия ножа, электропаяльником или расплавленным модельным составом;
- б) модели соединяются в кондукторе с элементами литниковой системы механически или склеиванием.

Сборочные кондукторы применяются для моделей из плохо спаивающихся модельных составов. Механическое соединение моделей деталей и литниковой системы применяется в тех случаях, когда модели делаются из материала, не поддающегося спаиванию (например, полистирол). Для этой цели используется специальный металлический стояк с лепестковым зажимом. Сборка путем склеивания моделей применяется редко.

Тема:Изготовление литейной формы

Процесс изготовления литейной формы складывается из подготовки материалов, формирования оболочки на поверхности модели, удаления модели из оболочки, заформовывания оболочки в наполнитель и прокаливании формы.

Для образования литейной формы употребляются:

связующие материалы — этилсиликат, жидкое стекло, глиноземистый цемент,

материалы основы — пылевидный кварц, кварцевый песок, плавленый кварц, молотый шамот, пылевидный тальк, магнезит, циркон:

растворители и прочие материалы—этиловый спирт, ацетон, эфир-альдегидная фракция, гидрозит, соляная кислота, дистиллированная вода.

Связующие представляют собой раствор этилсиликата в органических растворителях (спирт, ацетон) и водные растворы жидкого стекла. Первый готовят гидролизом этилсиликата. Сущность гидролиза этилсиликата состоит в переводе эфиров этилсиликата в неустойчивые кремниевые кислоты, которые переходят в коллоидное состояние. При гидролизе должен быть получен гель кремневой кислоты заданных состава и свойств.

Этилсиликат и вода не растворяются друг в друге при смешении, но этилсиликат и вода хорошо растворяются в спирте, ацетоне, эфиральдегидной фракции и других жидкостях. Поэтому гидролиз этилсиликата проводят в предварительно приготовленных водноспиртозом или водно-ацетоновом растворе. Для ускорения реакции -применяют катализатор — соляную кислоту.

В зависимости от количественного соотношения взятых для гидролиза материалов, а также их состава можно получить различные по составу и свойствам коллоиды.

Жидкое стекло применяется для второго и третьего слоев облицовки, жидкое стекло растворяется до заданного удельного веса, после чего оно поступает на приготовление суспензии.

Приготовление суспензии состоит в перемешивании связующего раствора с пылевидным материалом (предварительно промытым, просушенным, прокаленным и просеянным) до получения однородной массы.

Формирование оболочек на поверхностях моделей состоит в нанесении суспензии, обсыпке сухим песком и твердении слоя оболочки, при формировании оболочки на жидком стекле по способу П. С. Першина Твердение происходит при смачивании оболочки после обсыпки песком 10-процентным водным раствором хлористого или азотнокислого аммония. Происходит химическое твердение.

Нанесение суспензии на поверхности моделей осуществляется методом погружения модели в суспензию. Другие методы нанесения (напылением, обливанием) не получили распространения.

Обсыпка песком в начале делалась вручную в непрерывно падающем потоке песка. В настоящее время она повсеместно механизирована. Способ удаления модельного материала зависит от его свойств и от того удаляется ли он непосредственно из оболочки, до формовки или после формовки.

Выплавление модельного материала может быть осуществлено в шкафах горячим воздухом, перегретым водяным паром; в ваннах горячей водой, инфракрасными лучами; токами высокой частоты.

Наибольшее распространение получили способы выплавления моделей в жидкой и газообразной среде. Выжигание и растворение моделей широкого распространения не получили.

Тема : Технология изготовления отливок

Формовка оболочек производится в опоках с дном для сухих наполнителей или без дна для влажных наполнителей опоки обычно делают сварными из листового материала толщиной 4—5 мм, преимущественно цилиндрической формы, а также литьем в землю.

В качестве наполнителей применяют формовочный песок.

В том случае, когда модели из оболочек выплавляются после формовки, опоку переворачивают литниковой чашей вниз, необходимо удержать в опоке сухой наполнитель. Для этой цели готовится торцовый наполнитель, например из песка с 4—6% жидкого стекла. Процесс формовки сводится к засыпке наполнителя в опоку вокруг оболочки вручную или из бункера с небольшим уплотнением.

Формовка влажным наполнителем состоит в заливке наполнителя в промежуток между оболочкой и опокой. Уплотнение осуществляется на вибрационной машине. Процесс твердения происходит в первый час. После формовки и продолжается до 2 суток.

По окончании формовки и удаления модели формы подвергают прокаливанию, благодаря чему достигается удаление из оболочки газотворных составляющих, а также лучшее заполнение нагретой формы жидким металлом.

Прокаливание производится при температуре 850—900° в печах разных конструкций (электрических, газовых и др.).

Тема : Плавка и заливка металла в формы, выбивка и очистка отливок

Плавка металла и заливка форм.

К качеству металла отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям, предъявляются те же требования, что и к отливкам, получаемым другими способами. Поэтому металл из любого плавильного агрегата может быть использован и для литья под давлением.

Заливка жидкого металла в формы имеет свои особенности.

Заливка осуществляется одним из следующих способов:

- свободная заливка;
- заливка с приложением давления воздуха или нейтрального газа на поверхность жидкого металла;
- вакуумная заливка с созданием разрежения в форме;
- центробежная заливка;
- комбинированная центробежно-вакуумная заливка.

В случае когда удаление форм производится после их заливки, освобожденные от наполнительной смеси и выбитые из опок стояки с отливками, обрабатываются на околоточном станке где с отливок удаляются остатки керамики и прикипевшей наполнительной смеси.

Отливки удаляются со стояков металоорежущим инструментом (круг), остатки питателя фрезеруются за подлицо (остаток питателя на отливках может варьироваться до 5 мм и более, как правило составляет не более 2-х мм., в зависимости от принятого на предприятия тех. процесса).

Окончательная обработка отливок производится в пескоструйной или дробеметной камере, голтовочном барабане и т.д. В зависимости от марки сплава отливок производится термическая обработка литья.

Кокильное литье, или литье в постоянные формы, – это литье металла, осуществляемое свободной заливкой кокилей. Особенности формирования и качество отливок.

Металлическая форма по сравнению с песчаной обладает значительно большими теплопроводностью, теплоемкостью, прочностью, практически нулевыми газопроницаемостью и газотворностью. Этими свойствами материала кокиля обусловлены рассмотренные далее особенности его взаимодействия с металлом отливки.

1. Высокая эффективность теплового взаимодействия отливки и формы: расплав и затвердевшая отливка охлаждаются в кокиле быстрее, чем в песчаной форме, т.е. при одинаковых гидростатическом напоре и температуре заливаемого расплава заполняемость кокиля обычно хуже, чем песчаной формы. Это осложняет получение в кокилях отливок из сплавов с пониженной жидкотекучестью и ограничивает минимальную толщину стенок и размеры отливок. Вместе с тем повышенная скорость охлаждения способствует получению плотных отливок с мелкозернистой структурой, что повышает прочность и пластичность металла отливок. Однако в отливках из чугуна, получаемых в кокилях, вследствие особенностей кристаллизации часто образуются карбиды, феррито-графитная эвтектика, отрицательно влияющие на свойства чугуна, так как снижают показатели ударной вязкости и износостойкости. Резко возрастающая твердость в отбеленном поверхностном слое затрудняет обработку резанием таких отливок и приводит к необходимости подвергать их термической обработке (отжигу) для устранения отбела.

2. Кокиль практически неподатлив и более интенсивно препятствует усадке отливки, что затрудняет извлечение ее из формы и может вызвать появление внутренних напряжений, коробления отливки и трещин в ней. В то же время неподатливая форма не деформируется по причине увеличения объема некоторых расплавов при кристаллизации из-за предусадочного расширения, например, в результате выделения графита в чугуне. В этом случае уменьшается опасность формирования усадочной пористости при затвердевании отливки.

При литье в кокиль отсутствуют погрешности, вызываемые упругими и остаточными деформациями песчаной формы, снижающими точность ее рабочей полости и соответственно отливки. Размеры рабочей полости кокиля могут быть выполнены значительно точнее, чем размеры песчаной формы, и отливки в кокилях соответственно получаются более точными. Точность отливок в кокилях обычно соответствует классам 5 –

9 для отливок из цветных сплавов и классам 7 – 11 для отливок из черных металлов (ГОСТ 26645-85 (изм. № 1, 1989)). При этом наибольшая точность обеспечивается для размеров в одной части формы. Точность размеров в двух и более частях формы, а также размеров, оформляемых подвижными частями формы, ниже. Точность отливок, полученных в кокиле, по массе примерно на один класс выше по сравнению с песчаными формами, при этом обеспечивается возможность уменьшения припусков на обработку резанием.

3. Физико-химическое взаимодействие металла отливки и кокиля минимально, что определяет высокое качество поверхности отливки. Отливки в кокиль не имеют пригара. Шероховатость поверхности отливок зависит от состава облицовок и красок, наносимых на поверхность рабочей полости формы, и соответствует $R_z = 40 - 10$ мкм, но может быть и меньше.

4. Кокиль практически газонепроницаем и имеет минимальную газотворность, определяемую в основном составами огнеупорных покрытий, наносимых на поверхность рабочей полости. Однако газовые раковины в кокильных отливках – явление нередкое. Причины их появления различны, но в любом случае расположение отливки в форме, способ подвода расплава и вентиляционная система должны обеспечивать удаление воздуха и газов из кокиля при заливке.

Эффективность производства и область применения. Эффективность кокильного производства отливок, как и производства отливок другими способами литья, зависит от полноты и правильности использования преимуществ этого процесса с учетом его особенностей и недостатков в условиях конкретного производства.

Ниже приведены преимущества литья в кокиль в сравнении с литьем в песчаные формы.

1. Обусловленное использованием металлической формы повышение качества отливки и стабильности показателей качества, в частности: механических свойств, структуры, плотности, шероховатости, точности размеров отливок.

2. Использование в металлических формах разовых песчаных стержней. Это существенно расширяет возможности способа при производстве фасонных отливок со сложными внешними и внутренними поверхностями.

3. Повышение производительности труда в результате исключения трудоемких операций приготовления смеси, формовки и очистки отливок. Поэтому использование литья в кокили, по данным различных предприятий, позволяет в 2 – 3 раза повысить производительность труда в литейном цехе, снизить капитальные затраты при строительстве новых цехов и реконструкции существующих за счет сокращения требуемых производственных площадей, расходов на оборудование и очистные сооружения.

4. Устранение тяжелых и вредных операций выбивки форм, очистки отливок от пригара, их обрубки, общее оздоровление и улучшение условий труда, меньшее загрязнение окружающей среды.

5. Возможность механизации и автоматизации процесса изготовления отливки благодаря многократному использованию кокиля. При литье в кокиль устраняется процесс изготовления литейной формы, остаются лишь сборочные операции: установка стержней, соединение частей кокиля и их крепление перед заливкой, которые легко автоматизируются. Устраняются также такие возмущающие факторы, влияющие на качество отливок при литье в песчаные формы, как влажность, прочность, газопроницаемость формовочной смеси, т.е. процесс литья в кокиль является более управляемым. Для получения отливок заданного качества в кокильном производстве легче осуществить автоматическое регулирование технологических параметров процесса. Автоматизация процесса позволяет изменить характер труда литейщика-оператора, управляющего работой таких комплексов.

Однако способ литья в кокили имеет и недостатки, в числе которых следующие.

1. Высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления. Стоимость кокиля возрастает при получении отливок с поднутрениями, для выполнения которых необходимо усложнять конструкцию формы – делать дополнительные разъемы, использовать вставки, разъемные металлические или песчаные стержни.

2. Ограниченная стойкость кокиля, измеряемая числом годных отливок, которые можно получить в данном кокиле. От стойкости кокиля зависит экономическая эффективность процесса, особенно при литье чугуна и стали. Поэтому проблема повышения стойкости кокиля относится к важнейшим при решении технологических задач кокильного литья этих сплавов.

3. Высокая интенсивность охлаждения расплава в кокиле в сравнении с песчаной формой. Данный фактор ограничивает возможность получения тонкостенных протяженных отливок, а в чугунных отливках дополнительно приводит к отбелу поверхностного слоя, ухудшающему обработку резанием; вызывает необходимость термической обработки отливок.

4. Неподатливость кокиля, которая приводит к появлению в отливках напряжений, а иногда и трещин.

5. Использование в кокиле большого числа песчаных стержней. Этот фактор снижает точность получаемых отливок и повышает в этих местах шероховатость их поверхности.

Преимущества и недостатки кокильного способа определяют в итоге рациональную область его использования. Вследствие высокой стоимости кокилей экономически целесообразно применять этот способ литья только в серийном или массовом производстве. Серийность при литье чугуна должна составлять более 20 крупных или более 400 мелких отливок в год, а при литье алюминия – не менее 400 – 700 отливок в год.

Эффективность литья в кокиль обычно определяют в сравнении с литьем в песчаные формы. Экономический эффект достигается благодаря устранению формовочной смеси, повышению качества отливок, их точности, уменьшению припусков на обработку, снижению трудоемкости очистки и обрубки отливок, механизации и автоматизации основных операций и, как следствие, повышению производительности и улучшению условий труда.

Таким образом, литье в кокиль с полным основанием можно отнести к трудо- и материалосберегающим, малооперационным и малоотходным технологическим процессам, улучшающим условия труда в литейных цехах и уменьшающим вредное воздействие на окружающую среду.

Кокиль (от фр. *Coquille* – раковина, скорлупа) – металлическая форма с естественным или принудительным охлаждением, заполняемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил. Кокиль обычно состоит из двух полуформ 12, плиты 11 и вставок 7. Полуформы взаимно центрируются штырями 6, а перед заливкой их соединяют замками 13. Полости и отверстия в отливке могут быть выполнены металлическими или песчаными стержнями, извлекаемыми из отливки после ее затвердевания и охлаждения до заданной температуры. Расплав заливают в кокиль через литниковую систему 5, выполненную в его стенках, а питание массивных узлов отливки осуществляется из прибыли 2. При заполнении кокиля расплавом воздух и газы удаляются из его рабочей полости 10 через вентиляционные каналы 1, пробки 3, каналы между металлическими частями 9, образующие вентиляционную систему кокиля.

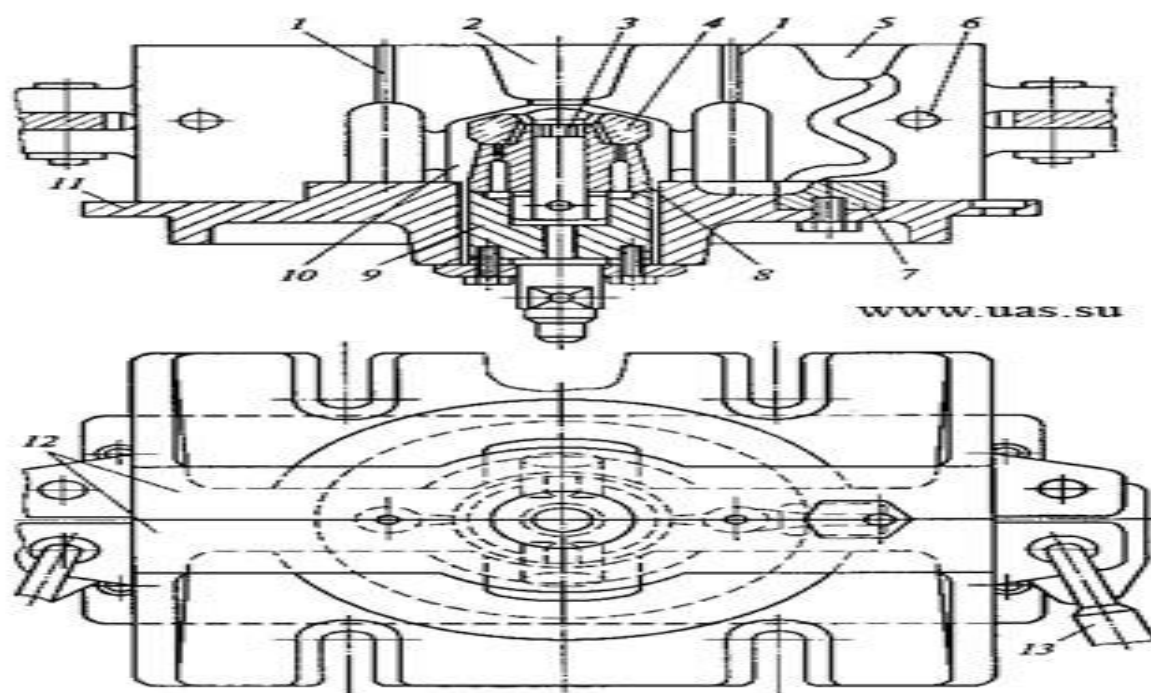


Рисунок 115– Кокиль: 1 – вентиляционные каналы; 2 – прибыль; 3 – вентиляционная пробка; 4 – песчаный стержень; 5 – литниковая система; 6 – штырь (центрирующий элемент); 7 – вставка; 8 – металлический стержень; 9 – вентиляционный канал; 10 – полость формы; 11 – плита (поддон); 12 – полуформы; 13 – замок

Основные элементы кокиля – полуформы, плиты, вставки, стержни и т.д. – обычно изготавливают из чугуна или стали. Выше рассмотрен кокиль простой конструкции, но в производственной практике часто используют кокили весьма сложных конфигураций.

Тема : Особенности литья различных сплавов

Перед заливкой расплава новый кокиль готовят к работе: поверхность рабочей полости и разъем тщательно очищают от следов загрязнений, ржавчины, масла, проверяют легкость перемещения подвижных частей, точность их центрирования, надежность крепления. Затем на поверхность рабочей полости и металлических стержней наносят слой огнеупорного покрытия – облицовки и краски (рисунок а). Состав облицовок и красок зависит в основном от типа заливаемого сплава, а их толщина – от требуемой скорости охлаждения отливки: чем толще слой огнеупорного покрытия, тем медленнее отливка охлаждается. Вместе с тем слой огнеупорного покрытия предохраняет рабочую поверхность формы от резкого повышения ее температуры при заливке, оплавления и схватывания с металлом отливки.

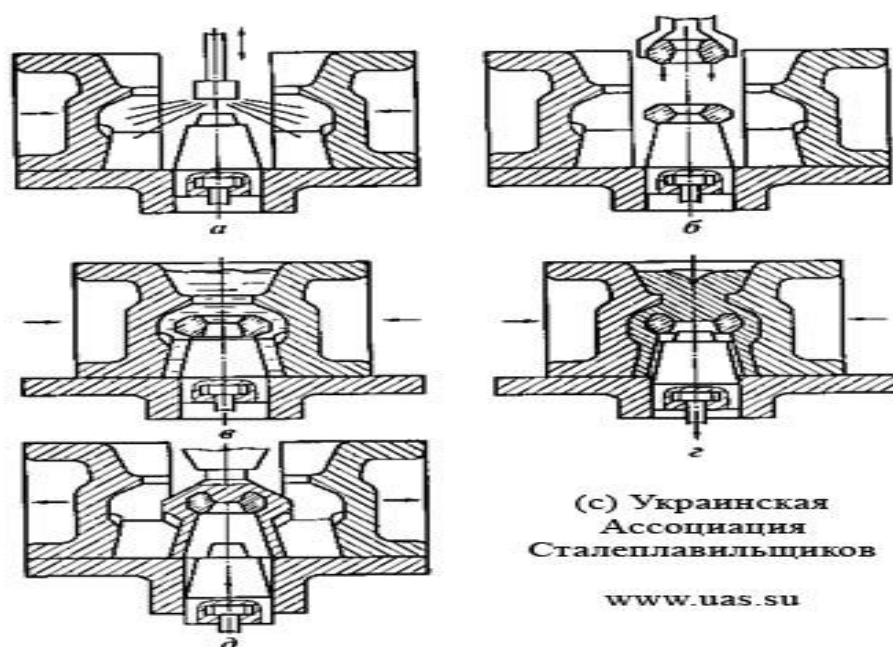


Рисунок 116– Последовательность изготовления отливки в кокиле (стрелки – направление движения деталей кокиля): а – окраска кокиля; б – установка стержней; в – сборка и заливка формы; г – затвердевание отливки; д – разборка кокиля

Перед нанесением огнеупорного покрытия кокиль нагревают газовыми горелками или электрическими нагревателями до температуры 150 – 280°C. Краски наносят на кокиль обычно в виде водной суспензии через пульверизатор. Вода капель водной суспензии, попадающих на поверхность нагретого кокиля, испаряется, а огнеупорная составляющая ровным слоем покрывает поверхность.

После нанесения огнеупорного покрытия кокиль нагревают до рабочей температуры, зависящей в основном от состава заливаемого сплава, толщины стенки отливки, ее размеров и требуемых свойств. Затем в кокиль устанавливают песчаные или керамические стержни (рисунок б), если таковые необходимы для получения отливки, половины кокиля соединяют (рисунок в) и скрепляют специальными зажимами, а при установке кокиля на кокильной машине – с помощью ее механизма запираения, после чего заливают расплав в кокиль. Часто в процессе затвердевания и охлаждения отливки, после того как она приобретет достаточную прочность (рисунок г), металлические стержни «подрывают», т.е. частично извлекают из отливки. Это делают для того, чтобы уменьшить давление затвердевающей отливки на металлический стержень и облегчить последующее извлечение его из отливки. После охлаждения отливки до заданной температуры кокиль раскрывают, полностью извлекают металлический стержень и удаляют из кокиля отливку (рисунок д). Из отливки выбивают песчаный стержень, обрезают литники, прибыли, выпоры, контролируют качество отливки. Затем описанный выше цикл повторяется.

Перед повторением цикла осматривают рабочую поверхность кокиля, плоскость разъема. Обычно огнеупорную краску наносят на рабочую поверхность кокиля 1 – 2 раза в смену, изредка восстанавливая ее в местах, где она отслоилась от рабочей поверхности. Так как за время извлечения отливки и окраски рабочей поверхности кокиля он охлаждается, в частности при литье тонкостенных отливок охлаждается чрезмерно, для повторения цикла требуется подогрев кокиля до рабочей температуры. Если же отливка достаточно массивная, то за счет ее теплоты кокиль может нагреваться до температуры более высокой, чем требуемая рабочая. Для такого случая в кокиле предусмотрены специальные системы охлаждения, и на следующую заливку он поступает охлажденным.

Процесс литья в кокиль является малооперационным. Манипуляторные операции достаточно простые и кратковременные, а лимитирующей по продолжительности операцией является охлаждение отливки в форме до заданной температуры. Практически все операции могут быть выполнены механизмами машины или автоматической установки, что относится к существенным преимуществам способа. Самым важным является то, что исключается трудоемкий и материалоемкий процесс изготовления разовой формы – кокиль используется многократно.

Процесс литья под давлением имеет более чем вековую историю. Главными его преимуществами является возможность получения заготовок с минимальными припусками на механическую обработку или без неё и минимальной шероховатостью необработанных поверхностей, обеспечение высокой производительности и низкой трудоёмкости изготовления деталей.

В 1940г. завод «Красная Пресня» изготовил машину мод. ЛД-7 с вертикальной камерой прессования - это было началом отечественного производства необходимого для литья под давлением оборудования. Позже этим же заводом было освоено производство машин с горизонтальной холодной камерой прессования. Машины такого типа нашли наибольшее распространение в промышленности. Это объясняется простотой и надёжностью конструкции такой камеры. Кроме того, в машинах с горизонтальной холодной камерой прессования потери теплоты жидким металлом и гидравлическое сопротивление на пути его движения в полость пресс-формы меньше, чем в машинах с вертикальной камерой, в результате исключения литникового хода. Это позволяет снизить температуру заливки сплава, уменьшить пористость и осуществить эффективную подпрессовку отливки после окончания заполнения формы. Машины с горизонтальной камерой прессования имеют более высокую производительность, чем машины с вертикальной камерой, так как поршень выталкивает пресс-остаток в момент раскрытия пресс-формы без дополнительных затрат времени.

Отечественное машиностроение выпускает машины с холодной горизонтальной камерой прессования с усилием запирающего 1000— 35000 кН. Большая часть современных машин имеет механизм прессования с мультипликацией давления рабочей жидкости в период подпрессовки.

Дальнейшее совершенствование машин для литья под давлением направлено по пути повышения скоростей движения прессующего поршня с бесступенчатым регулированием скорости на различных этапах заполнения пресс-формы при одновременном снижении гидравлического удара в момент перехода от заполнения к подпрессовке. Отечественная промышленность выпускает в основном машины литья под давлением с холодной горизонтальной камерой прессования и автоматизированные комплексы и линии на их базе. Молдавское ПО «Точлитмаш» специализируется на выпуске машин с усилием запирающего до 6000 кН, а ПО «Сиблитмаш» - до 35000 кН.

За рубежом машины литья под давлением и автоматизированные комплексы на их базе выпускают фирмы VihorlatSnina (ЧССР), Litostroj (Югославия), фирма Buhler (Швейцария), JDRA, Itallpress (Италия), Frech (ФРГ), Ube, Toshiba (Япония), Lester, Gabler (США).

Сущность литья под давлением.

Выполняют машинным способом в металлические формы, называемые пресс-формами. Заполнение металлом пресс формы осуществляют после её смыкания через литниковые каналы, которые соединяют рабочую полость пресс-формы с камерой прессования машины для литья под давлением. Наружные очертания отливки образуются рабочей поверхностью сомкнутой пресс-формы, а внутренние отверстия и полости получают при помощи металлических стержней, которые извлекают из затвердевшей отливки в момент раскрытия пресс-формы. Стержни имеют механически привод в виде реек, шестерен, зубатых секторов, клиньев, эксцентриков, кинематически связанных с механизмом раскрытия пресс формы.

Металл заливают в камеру прессования и запрессовывают внутрь рабочей полости пресс-формы. После кристаллизации отливки происходит раскрытие пресс-формы для извлечения отливки, при этом отдельная часть остается неподвижной, а остальные части отводятся гидроприводом. Отливка удерживается в подвижной части и перемещается с ней до соприкосновения с выталкивателями, которые выталкивают отливку из подвижной части пресс-формы. Отливка может быть извлечена из раскрытой пресс формы при помощи манипулятора или робота. Для предотвращения сваривания рабочей поверхности пресс-формы с отливкой и облегчения извлечения отливки полость пресс-формы покрывают составами в виде паст или распыляющих жидкостей, содержащих порошки металлов, графит, сульфид молибдена.

Преимущественно используют сплавы на основе меди, алюминия, цинка, свинца, сурьмы, которые оказывают незначительное тепловое воздействие на пресс-формы. Разгар и деформация пресс-форм приводят к потере точности и чистоты поверхности отливок. Для сохранения постоянства размеров пресс-формы делают водоохлаждение. В последнее время все шире начинают использоваться тугоплавкие сплавы, например, стали, требующие очень дорогих пресс-форм с жаропрочными вставками из сплавов на основе молибдена. Внутренние полости в отрезках получают при помощи латунных стержней. После кристаллизации стальной отливки латунный стержень остаётся внутри неё, при высокотемпературном отжиге он выплавляется из отливки, оставляя после себя полость.

Оливки, полученные литьём под давлением, отличаются чистотой поверхности и точностью, соответствующей 4 классу. Допуски на размеры находятся в пределах от $\pm 0,075$ до $\pm 0,18$ мм. Литьё под давлением экономически целесообразно для крупносерийного и массового производства точных отливок из легкоплавких сплавов. Трудоёмкость изготовления отливок литьём под давлением в литейных цехах снижается в 10-12 раз, трудоёмкость механической обработки снижается в 5-8 раз. Данный способ литья нашёл широкое применение в автомобильной, авиационной, электротехнической, приборостроительной, санитарно-технической отраслях промышленности.

Часто отливки, изготовленные литьём под давлением, армируют для упрочнения. Конструктивные элементы из других более прочных или износостойких сплавов предварительно получают механической обработкой или холодной листовой штамповкой и вкладывают в пресс-форму перед заполнением её металлом. При литье под давлением цинковых сплавов пресс-формы выдерживают без разрушения и потери точности 1 млн. заполнений металлом, магниевых сплавов - 250 тыс. заполнений, алюминиевых сплавов - 100 тыс., медных сплавов - 5000 заполнений.

Процесс формирования оливки проходит 3 этапа:

сплав с большой скоростью (до 50 м/с) за короткое время (0,01 - 0,6 с) заполняет полость пресс-формы, перемещаясь с воздухом и парами смазки, находящимися в полости формы, образуя металловоздушную смесь;

в момент окончания заполнения пресс-формы происходит кратковременный и сильный гидравлический удар, прижимающий металл к поверхности пресс-формы, и поверхностный слой отливки (0,2 мм) получается очень плотным и мелкокристаллическим; подвижная половина пресс-формы под воздействием гидроудара отходит и на отливке по разъёму пресс-формы образуется заусенец; кристаллизация отливки происходит с большой скоростью, что приводит к недостаточному питанию отливки жидким расплавом, но дефектов усадочного происхождения в отливках не наблюдается, т. к. газы в порах находятся под большим давлением и, расширяясь, способствуют полному заполнению полости пресс-формы металлом, повышая точность отливки, однако механические свойства металла и особенно его пластичность ухудшаются.

Газовые поры, находящиеся под плотной литейной коркой, не позволяют выполнять термическую обработку отливок из цветных сплавов, так как при высоких температурах

газы расширяются и поры увеличивают свой объём, образуя пузыри и вспучины на поверхности отливок. Для снижения пористости отливок в практике полость пресс-формы и расплавленный металл вакуумируют или воздух в рабочей полости пресс-формы замещают кислородом, который не смешивается с металлом, а образует тонкие окисные плёнки на поверхности отливки, не снижая её качества.

В обычном представлении штамповка и прокатка — это процессы, относящиеся к области обработки металла давлением, которые состоят в том, что твердый холодный или нагретый металл подвергается давлению и в результате пластической деформации изменяет свою форму, приобретая необходимую, заданную. Для осуществления этого процесса требуется мощное оборудование (для создания достаточного давления). Кроме того, заготовку таким способом можно получить только из сплава, который имеет достаточно высокую пластичность в твердом состоянии. Такой, например, сплав, как серый чугун, штамповать или прокатывать затруднительно.

Тема : Пресс-формы

Главный признак классификации оснастки - метод формования изделия. По этому признаку формы подразделяют на пресс-формы для прямого прессования, пресс-формы для литьевого прессования с верхней или нижней загрузочной камерой, формы для литья под давлением.

Формы указанных групп в свою очередь классифицируют:

- по универсальности - непереналаживаемые (специальные) и переналаживаемые (специальные, универсальные);
- по связи с оборудованием - стационарные, полустационарные, съемные;
- по виду загрузочной камеры - с общей и индивидуальной загрузочными камерами;
- по числу и положению плоскостей разъема - с одной или несколькими (параллельными, взаимно перпендикулярными) плоскостями разъема, число которых зависит от конструкции изделия и технических требований к нему, а также от технологических требований к процессу изготовления;
- по виду литниковой системы - с отверждаемой (неотделяемой или отделяемой в форме) и неотверждаемой литниковыми системами;
- по способу извлечения изделий - сталкиванием (выталкивателями или съемной плитой), вращением резьбовых знаков, сжатым воздухом;
- по конструкции механизмов перемещения и (или) вращения подвижных элементов оформления - с приводом от хода подвижной части формы, со специальным электро-, гидро- или пневмоприводом.

Пресс-формы для прямого (компрессионного) прессования применяют при изготовлении изделий из реактопластов методом прямого прессования. По принципу устройства оформляющего гнезда эти формы подразделяют на формы открытого, закрытого (поршневого) и полужакрытого (с перетеканием) типов. Пресс-формы открытого типа не имеют загрузочной камеры, что несколько упрощает конструкции матрицы и пуансона. Такие формы применяют для изготовления неглубоких изделий (тарелки, крышки) с большой площадью прессования при сравнительно тонких стенках, когда загружаемое сырье полностью помещается в оформляющем гнезде матрицы. Недостатки форм этого типа

- повышенный расход материала (до 10... 15 %) и увеличение бракованных изделий (из-за возможных недопрессовок).

Пресс-формы закрытого типа (поршневые) характеризуются тем, что оформляющее гнездо является непосредственным продолжением загрузочной полости. В процессе формирования пуансон входит в загрузочную камеру с малым зазором; это затрудняет вытекание материала из гнезда. В таких формах изготавливают изделия из труднопрессуемых пластмасс с малой текучестью. Недостатки форм - необходимость строгого соответствия масс загружаемого материала и готового изделия, сложность получения точных по высоте изделий и увеличенный износ пуансона и загрузочной камеры матрицы.

Вследствие указанных недостатков формы открытого и закрытого типов не находят широкого распространения.

Пресс-формы полужакрытого типа (с перетеканием) характеризуются минимально необходимым гарантированным зазором по периметру между пуансоном и загрузочной камерой. Этот зазор обеспечивает вытекание избытка материала при запрессовке и гарантирует создание необходимого давления прессования. Загрузочная камера имеет несколько большие размеры, чем прессуемое изделие. Это необходимо для создания отжимного пояска, обеспечивающего окончательное запирающее гнездо. Такая форма позволяет изготавливать любые изделия методом прямого прессования, уменьшает износ пуансона и загрузочной камеры, не требует точной дозировки материала, допускает подпрессовку. Недостаток форм с перетеканием - несколько увеличенная площадь прессования из-за наличия отжимного пояска. Благодаря своим преимуществам такие формы получили наибольшее распространение.

Пресс-формы с индивидуальной загрузочной камерой применяют наиболее часто. Их преимущества - большая точность изготовления оформляющего гнезда и соответственно изделия, более высокая ремонтоспособность, уменьшенный расход сырья; недостатки - большие размеры и металлоемкость формы.

Пресс-формы с общей загрузочной камерой применяют для изготовления простых небольших изделий. Основные преимущества таких форм по сравнению с рассмотренными - меньшие размеры, суммарная трудоемкость изготовления и металлоемкость, а также простота загрузки сырья. Недостатки - как правило, увеличенные площади прессования и облой, больший разброс размеров по высоте, несколько больший расход сырья, чем в формах с индивидуальной загрузочной камерой.

Пресс-формы для литьевого прессования в отличие от пресс-форм для прямого прессования имеют загрузочную камеру, отделенную от оформляющего гнезда, и литниковую систему, соединяющую загрузочную камеру с оформляющим гнездом (гнездами).

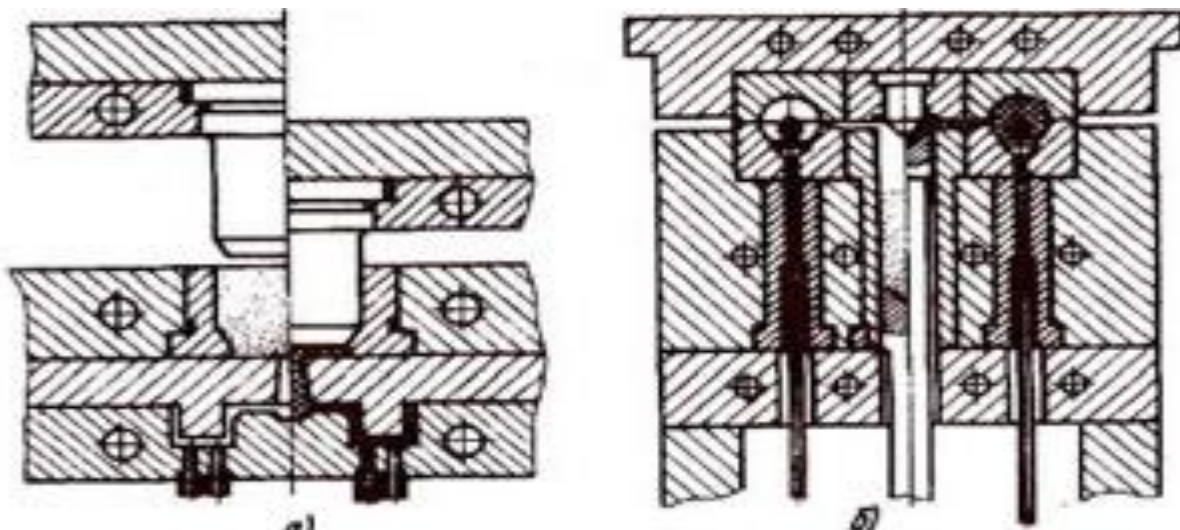


Рисунок 117. Пресс-формы для литьевого прессования с верхней (а) и нижней (б) загрузочными камерами

Пресс-формы с верхней загрузочной камерой (рис. а) можно устанавливать на всех прессах, используемых для прямого прессования. Такая пресс-форма предпочтительнее пресс-формы с нижней загрузочной камерой при использовании кассетных (закладных) пакетов. Недостатки - ограниченность пространства для обслуживания оформляющего гнезда, большие технологические потери материала и несколько большая трудоемкость удаления избытка отвержденного материала из загрузочной камеры (чем в пресс-формах с общей загрузочной камерой).

Пресс-формы с нижней загрузочной камерой наиболее целесообразно устанавливать на специальных прессах с увеличенным усилием нижнего гидравлического цилиндра. Регулированием этого усилия в процессе запрессовки можно получить отливку с поверхностью прессования (площадь проекции изделия и литниковой системы на горизонтальную плоскость разъема) почти в 2 раза большей, чем в формах без регулирования. Для этого после заполнения оформляющего гнезда давление в литьевом цилиндре уменьшают до 7... 10 МПа.

Формы для литья под давлением применяют в производстве изделий из термо- и реактопластов. Характерные признаки таких форм - наличие литниковой системы и

отсутствие загрузочной камеры. Эти формы отличаются разнообразием конструктивных решений, обеспечивают высокую степень автоматизации процесса и хорошее качество изделий, не требующих или почти не требующих дополнительной обработки.

Стационарные формы, характеризующиеся отсутствием съемных элементов, закрепляют на плитах пресса (термопластавтомата) на период изготовления всей партии изделий. Такие формы обеспечивают оптимальные параметры технологического процесса, максимальную производительность и позволяют автоматизировать весь цикл прессования (литья). Однако такие формы наиболее дорогие, поэтому их следует применять в условиях крупносерийного и массового производств.

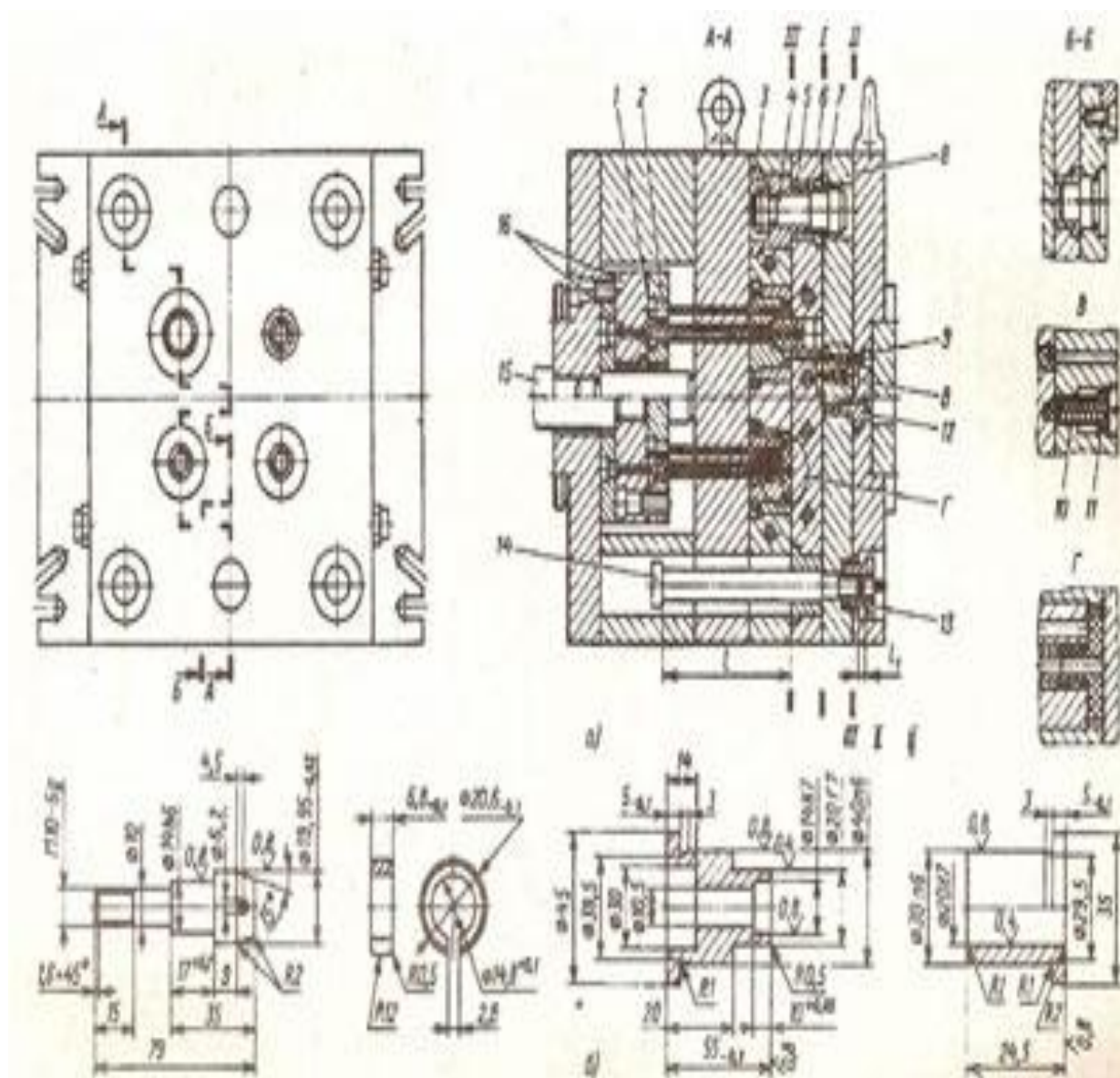


Рисунок 118 . Форма для изготовления мелко модульных зубчатых колес

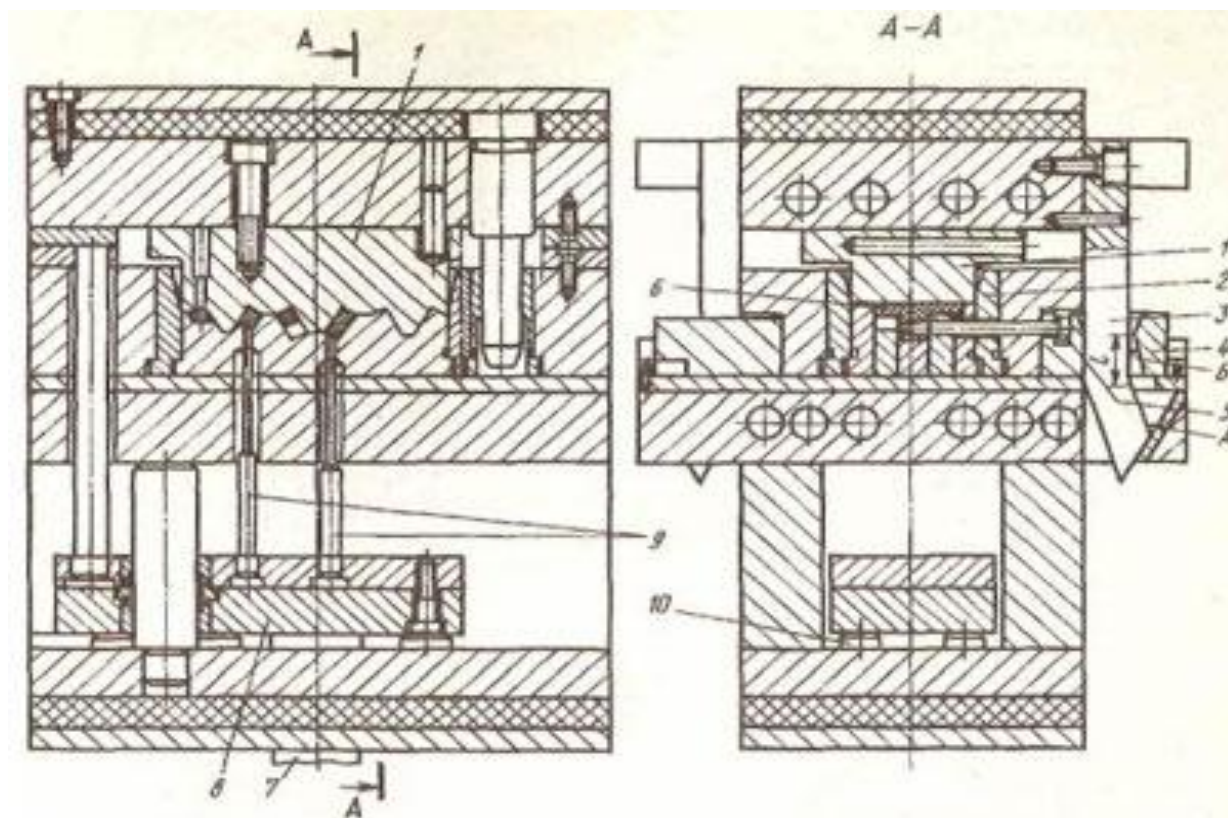


Рисунок 119 . Пресс-форма для изготовления нескольких изделий с отверстиями, перпендикулярными плоскости разъема

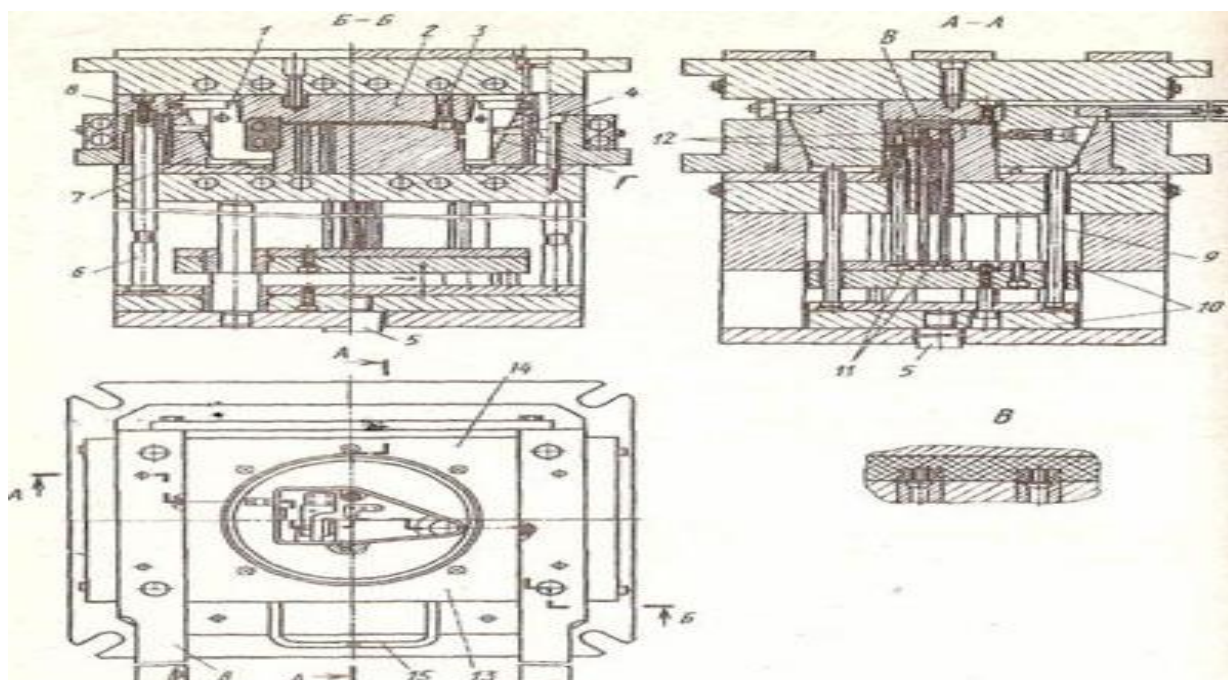


Рисунок 120. Пресс-форма с раздвижными полуматрицами для изготовления изделий с поднутрениями и арматурой в плоскостях, параллельных и перпендикулярных плоскости разъема

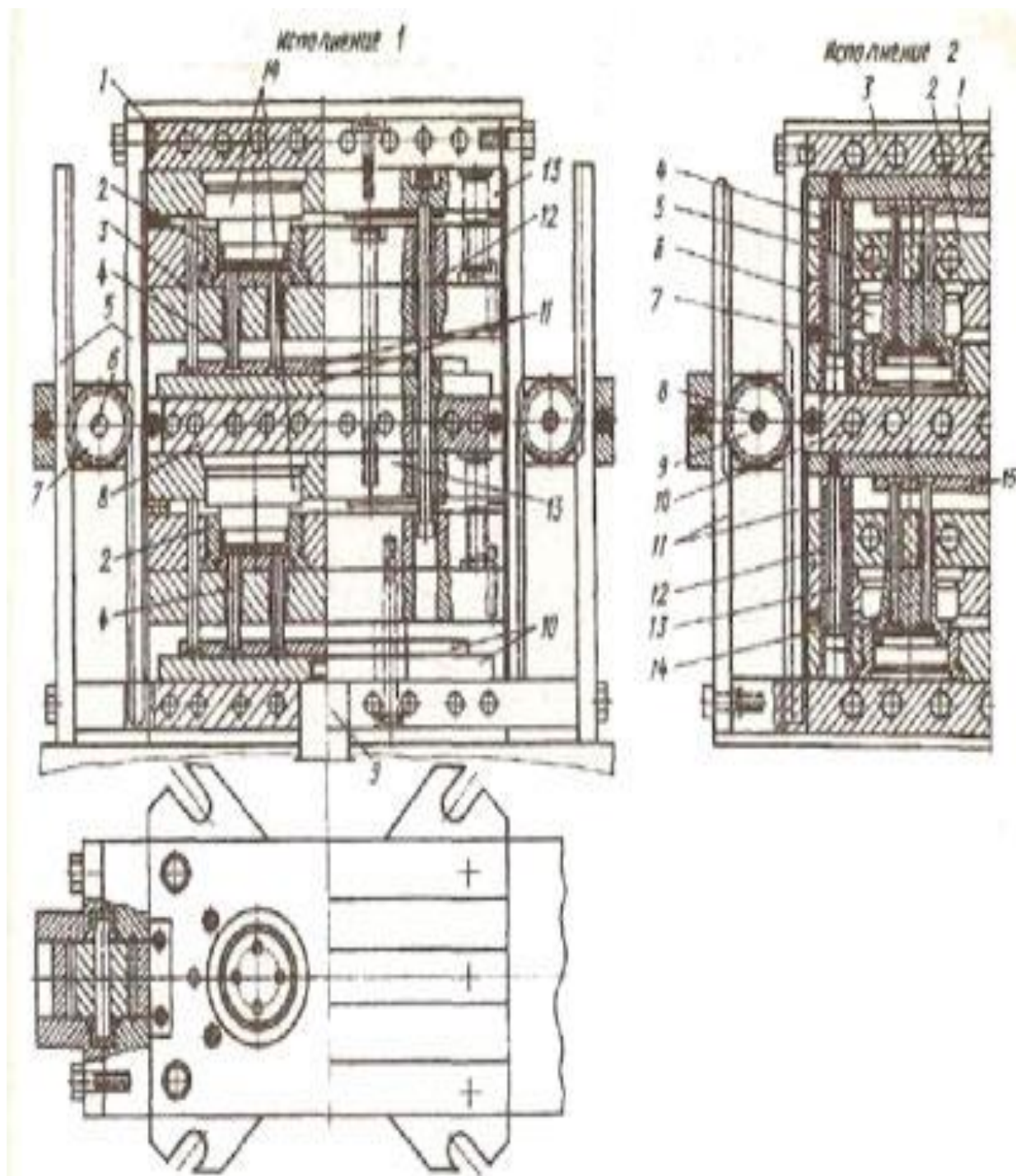


Рисунок 121. Пресс-форма двухэтажная для прессования изделий в двух уровнях

Этим способом получают детали сантехнического оборудования, карбюраторов двигателей, алюминиевые блоки двигателей и др. Литьё производят на литейных машинах с холодной и горячей камерами прессования. Литейные формы, называются обычно Пресс-формами, изготавливают из стали. Оформляющая полость формы соответствует наружной поверхности отливки с учётом факторов, влияющих на размерную точность. Кроме того, в пресс-форму входят подвижные металлические стержни, образующие внутренние полости отливок, и выталкиватели.

При получении отливок на литейных машинах с холодной камерой прессования (рис., а, б) необходимое количество сплава заливается в камеру прессования вручную или заливочным дозирующим устройством. Сплав из камеры прессования под давлением прессующего поршня через литниковые каналы поступает в оформляющую полость плотно закрытой формы, излишек сплава остаётся в камере прессования в виде пресс-остатка и удаляется. После затвердевания сплава форму открывают, снимают подвижные стержни и отливка выталкивателями удаляется из формы. При получении отливок на машинах с горячей камерой прессования (рис., в) сплав из тигля нагревательной печи самотёком поступает в камеру прессования. После заполнения камеры прессования срабатывает автоматическое устройство (реле времени, настроенное на определённый интервал), а поршень начинает давить на жидкий сплав, который через обогреваемый мундштук и литниковую втулку под давлением поступает по литниковым каналам в оформляющую полость формы и кристаллизуется. Через определённое время, необходимое для образования отливки, срабатывает автоматическое устройство на раскрытие формы, и отливка удаляется выталкивателями. У полученных отливок обрубуют (обрезают) заливки (облой), элементы литниковых систем, затем их очищают вручную или на машинах; если необходимо, производят термообработку.

Для этого метода литья характерны высокая скорость прессования и большое удельное давление [$30—150 \text{ Мн/м}^2$ ($300—1500 \text{ кгс/см}^2$)] на жидкий сплав в форме. Качество отливок зависит от ряда технологических и конструктивных факторов, например выбора сплава, конструкции отливки, литниковой и вентиляционной систем, формы, стабильности температуры сплава и формы, вакуумирования формы для предупреждения образования пористости и т. д. Метод обеспечивает высокую производительность, точность размеров (3—7-й классы точности), чёткость рельефа и качество поверхности (для отливок массой до 45 кг из алюминиевых сплавов — 5—8-й классы чистоты). Производительность машин от 1

до 50 заливок в мин. Применяют многогнездные формы, в которых за 1 заливку изготавливают более 20 деталей.

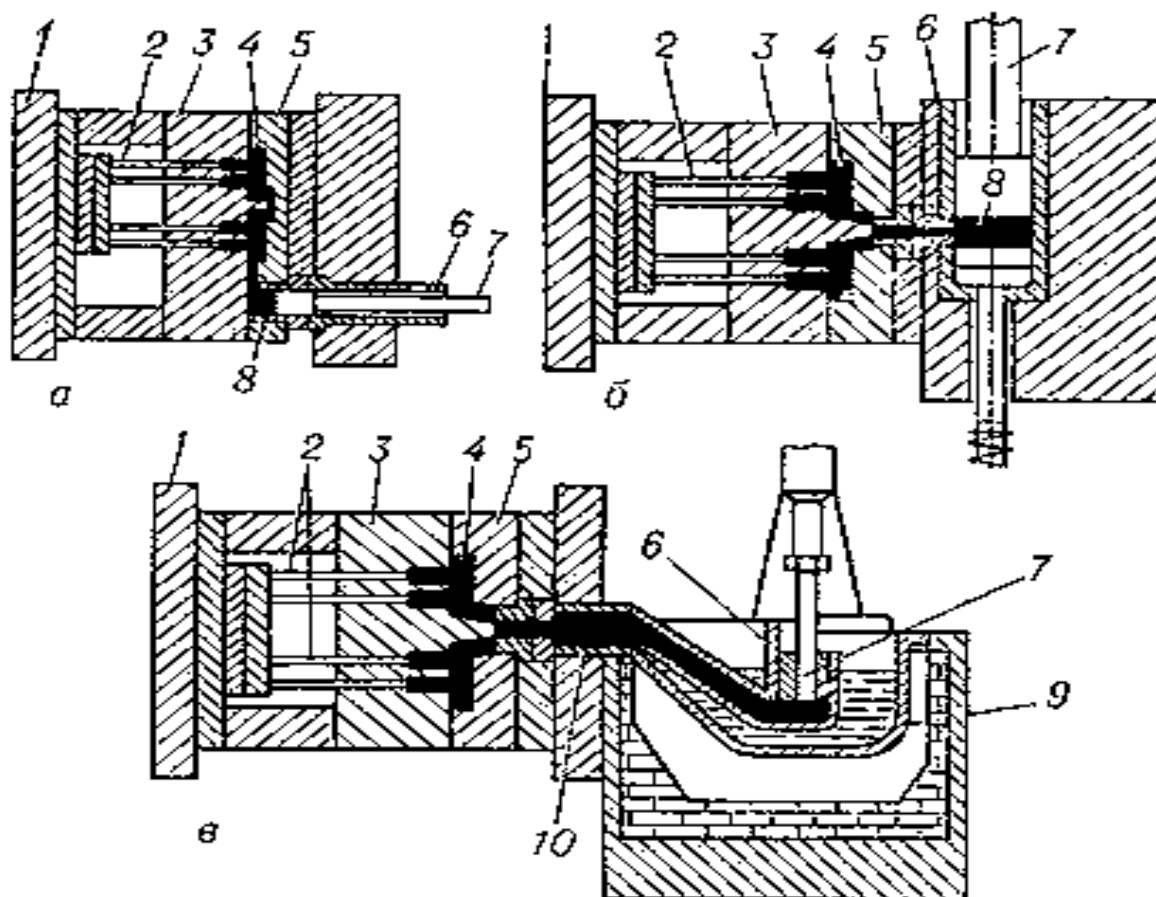


Рисунок 122. Схемы литья под давлением на машинах с камерами прессования: а — холодной горизонтальной; б — холодной вертикальной; в — горячей; 1 — плита крепления подвижной части формы; 2 — выталкиватели; 3 — подвижная матрица формы; 4 — полость формы (отливка); 5 — неподвижная матрица формы; 6 — камера прессования; 7 — прессующий поршень; 8 — пресс-остаток; 9 — тигель нагревательной передачи; 10 — обогреваемый мундштук.

II Литьё под давлением полимерных материалов, метод изготовления изделий различной формы из пластических масс и резиновых смесей, при котором материал нагревается и размягчается (пластицируется) в обогреваемом цилиндре литейной машины, откуда под давлением червяка или поршня нагнетается в литейную форму. После остывания материала (для термопластов), отверждения (для реактопластов) или вулканизации (для резиновых смесей) он сохраняет конфигурацию и размеры изделия. Метод пригоден для переработки термопластов в изделия объёмом от 0,1 до 30 000 см³, а также специально разработанных

реактопластов и резиновых смесей в изделия объемом до 3000 см³. Преимущества метода по сравнению с другими методами формования изделий из полимерных материалов — высокие производительность и качество изготавливаемых изделий.

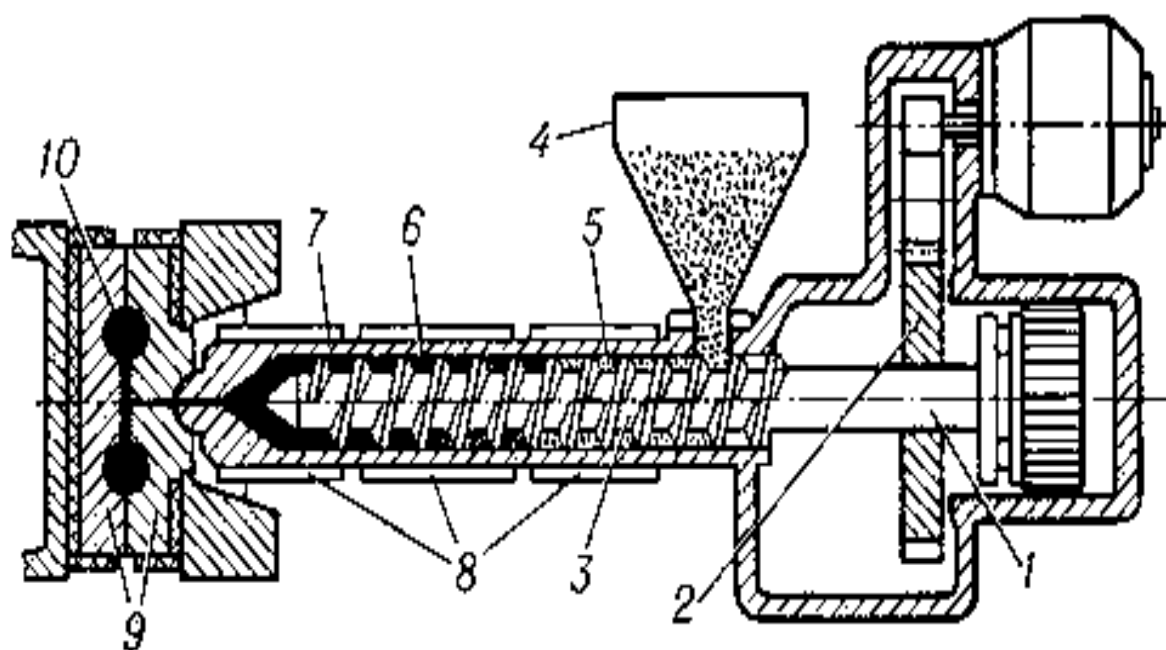


Рисунок 123 . Червячная литьевая машина для полимерных материалов: 1 и 2 — приводы поступательного и вращательного движений червяка; 3 — червяк (при пластикации материала совершает вращательное и медленное поступательное движение вправо; при нагнетании материала в форму — быстрое поступательное движение влево); 4 — бункер; 5 — нагреваемый материал; 6 — расплавленный (пластицированный) материал; 7 — обогреваемый цилиндр; 8 — обогреватели; 9 — литьевая форма; 10 — изделие.

К важнейшим параметрам технологического процесса относятся: продолжительность $t_{зан}$ заполнения пресс-формы расплавом; скорость впуска $u_{вп}$ расплава в пресс-форму; размеры и расположение вентиляционных каналов; количество и свойства смазочного материала пресс-формы; температура расплава и пресс-формы. Продолжительность заполнения, найденная для определенных, наиболее характерных для данных сплавов температур заливки расплава и пресс-формы, зависит только от толщины тела отливки и не зависит от ее конфигурации, размеров и массы. Очевидно, что в условиях интенсивного теплообмена между расплавом и пресс-формой время течения первых частиц расплава в ее рабочей полости ограничено длительностью, после которой вероятно образование неслитин и неспаев. В разделе 3.5.3 приведена методика Белопухова А.К. расчета оптимальной продолжительности заполнения пресс-формы, учитывающая не только толщину отливки, но и ее геометрию и давление прессования. Скорость впуска $u_{вп}$ расплава в пресс-форму определяя характер его движения (сплошной спокойный или с высокой турбулентностью, дисперсный), оказывает влияние не только на качество отливки, но и на долговечность пресс-формы. Так слишком высокая скорость впуска расплава повышает вероятность смыва смазочного материала с рабочих поверхностей пресс-формы, эрозионного воздействия на ее стенки и, как следствие этого, приваривания отливки к пресс-форме. Во многих случаях при извлечении отливки это может приводить к поломке пресс-формы, короблению, образованию трещин на отливке или ее разрушению. Работа при низких скоростях впуска, как правило, не обеспечивает высокого качества поверхности отливок. Для всех типов сплавов, используемых при литье под давлением, оптимальная скорость впуска чаще всего составляет 10...50 м/с. При этом меньшие значения используются при изготовлении отливок из сталей и медных сплавов, а большие для цинковых и свинцово-оловянистых сплавов. Температура пресс-формы перед заливкой назначается с учетом состава заливаемого сплава, конфигурации отливки, толщины ее стенки, а также других факторов. Температуру формы принимают для сплавов: цинковых 120...160 °C, алюминиевых 180...250 °C, магниевых 200...240 °C, латуни 280...320 °C, стали 200...280 °C. С уменьшением толщины стенки отливки и усложнением ее конфигурации температуру пресс-формы назначают ближе к верхнему пределу указанных интервалов, для более массивных отливок — ближе к нижнему. Соблюдение этого принципа позволяет при изготовлении тонкостенных отливок улучшить заполнение формы расплавом, а для более массивных — повысить скорость затвердевания и уменьшить количество усадочных дефектов. Для регулирования температурного режима работы пресс-формы, управления процессом

затвердевания и охлаждения отливки в конструкциях пресс-форм предусматривают системы охлаждения или тепловой изоляции отдельных элементов пресс-формы. Температура заливки расплава зависит от химического состава сплава, конфигурации, размеров отливки и выбранного режима заполнения пресс-формы. При заполнении пресс-форм значительно перегретым расплавом последний может проникнуть в вентиляционные каналы пресс-формы, закупорить их, что приведет к увеличению в отливках газовой пористости, а в некоторых случаях — к незаполнению формы. Высокая температура расплава способствует увеличению объема усадочных пор в отливке; длительность затвердевания и охлаждения отливки возрастает, а это снижает темп работы машин; возрастает тепловая нагрузка на пресс-форму, вследствие чего снижается ее стойкость; увеличивается опасность “приваривания” отливки к пресс-форме, создается опасность поломки отливки или пресс-формы при выталкивании отливки. Это объясняет стремление литейщиков заливать расплав при возможно более низкой температуре: для цветных сплавов температура заливки расплава в камеру прессования обычно на 10...30° выше температуры ликвидуса. С увеличением размеров отливки и уменьшением толщины ее стенки температуру заливки принимают ближе к верхнему пределу, а для массивных отливок простой конфигурации ближе к нижнему.

Для массивных отливок, а также отливок с повышенными требованиями по плотности часто температуру расплава принимают в интервале ликвидус — солидус, т. е. производят заливку расплава в твердо-жидком состоянии. Это позволяет обеспечить последовательное вытеснение воздуха и газов из пресс-формы и уменьшить объем усадочных пор в отливке. Одновременно уменьшается тепловая нагрузка на пресс-форму, повышается ее стойкость; уменьшается продолжительность охлаждения отливки, опасность ее “приваривания” к пресс-форме, возрастает надежность работы машины.

При литье сплавов в твердо-жидком состоянии уменьшается пористость отливок, вследствие чего возрастает их герметичность, несколько повышаются механические свойства.

Температуру заливки в этом случае назначают в соответствии с необходимым содержанием твердой фазы в расплаве, и определяют по диаграмме состояние сплава. Количество твердой фазы обуславливает реологические свойства сплава, эффективную вязкость, модуль упругости, предельные напряжения сдвига, т. е. характеристики его свойств, от которых зависит способность сплава заполнять полость пресс-формы. Для алюминиевых сплавов типа АЛ9 количество твердой фазы, при котором обеспечиваются хорошая заполняемость форм и удовлетворительные свойства отливок, лежит в пределах 40...60 % по диаграмме

состояния. Твердо-жидкими сплавами формы заполняют только на машинах с холодными камерами прессования, так как на машинах с горячими камерами такие режимы осуществить невозможно из-за перемерзания расплава в мундштуке и невозможности его самопроизвольного перетекания из тигля в камеру прессования.

Давление прессования зависит от толщины стенки отливки, ее размеров и конфигурации, химического состава сплава. Рекомендуемые давления прессования, установленные практикой в зависимости от указанных факторов. Для уменьшения усадочной пористости важно осуществление подпрессовки в конечный момент заполнения пресс-формы, для чего используют механизмы прессования с мультипликацией (усилением) давления на расплав в камере прессования машины. Применяют несколько вариантов таких конструкции. В первом случае давление прессования увеличивается благодаря дополнительному гидроцилиндру. Шток в момент окончания заполнения пресс-формы выдвигается в поршневую полость основного цилиндра 3 механизма прессования на некоторую величину l и увеличивает давление p рабочей жидкости на поршень основного цилиндра и усилие передаваемое штоком с пресс-поршнем на расплав в камере прессования. В результате этого осуществляется подпрессовка.

Во втором случае применяют двойной прессующий поршень. До момента образования корочки затвердевшего металла на стенках камеры прессования оба плунжера перемещаются вместе, а затем после остановки основного плунжера продолжает движение дополнительный плунжер и давление на расплав увеличивается.

Подпрессовка способствует уменьшению пор в отливке, повышению ее плотности и герметичности. Однако ее действие эффективно только в случае, если время нарастания давления (мультипликация) меньше времени затвердевания расплава в питателе. Поэтому современные конструкции машин для литья под давлением имеют механизмы подпрессовки с высоким быстродействием: время нарастания давления в таких механизмах составляет тысячные доли секунды без возникновения значительного гидроудара.

Смазывание. Смазочные материалы, которые используются при литье под давлением по назначению делятся на две основные группы – смазочные материалы для рабочих поверхностей пресс-формы и материалы для смазывания пресс-поршня и камеры прессования. Кроме этих материалов используют и вспомогательные.

Смазывание пресс-форм позволяет защитить их рабочие поверхности от химического, механического, теплового воздействия струи расплава, предотвращает “приваривание” отливки к пресс-форме, а также снижает усилие извлечения из нее стержней и вставок во избежание их поломки и деформации отливок при их извлечении из пресс-форм.

Смазочные материалы для пресс-форм должны обладать высокими смазывающими и противозадирными свойствами при температурах взаимодействия отливки и пресс-формы, иметь минимальную газотворность при разложении под действием высоких температур, не оказывать вредного влияния на свойства отливок (герметичность, газосодержание, коррозионную стойкость), не воздействовать на поверхность пресс-формы и отливки, быть нетоксичными, не содержать дефицитных материалов. Кроме этого, смазочный материал должен сохранять свои свойства при хранении, быть пожаро- и взрывобезопасным, обладать такими свойствами, чтобы его можно было наносить на поверхность пресс-формы автоматическими устройствами.

Процессы, происходящие в системе отливка — смазочный материал — рабочая поверхность пресс-формы, весьма сложны, механизм действия смазочных материалов при литье под давлением изучен еще недостаточно. Поэтому их выбор представляет сложную задачу. Чаще всего в производстве для автоматизированного нанесения используют смазочные материалы на основе минеральных масел в виде эмульсии масла в воде с добавками твердых наполнителей со сложной молекулярной структурой и различных химически активных присадок.

Для отливок из алюминиевых сплавов используют водозэмульсионные смазочные материалы типов «Графитол-Э» и «Прессол-Э». Эти материалы обладают удовлетворительным смазывающим действием, способствуют повышению производительности процесса, особенно при высокой теплонагруженности пресс-форм. Однако, следует учитывать, что интенсивное охлаждение рабочих поверхностей этими материалами оказывает отрицательное действие на стойкость пресс-форм.

Более высоким смазывающим действием обладают смазочные материалы типа «ЛД», имеющие в своем составе масляную основу (например, масло МС-20), химически активные добавки (трихлорэтилен и др.), а также керосиновую фракцию, выполняющую роль разбавителя. Однако по сравнению с «Прессолами» и «Графитолами» этот смазочный материал больше загрязняет атмосферу цеха, его конденсат в системе вентиляции цеха

повышает пожароопасность процесса. По этим и другим причинам применение таких материалов при обычном автоматизированном способе смазывания пресс-форм сокращается.

Смазочные материалы «Прессол», «Графитол» и подобные им по составу обладают невысоким противозадирным действием. Для предотвращения образования задиров на сложных по съему участках отливок из алюминиевых сплавов используют противозадирные смазочные материалы типа «Алюминол МГ» на масляной основе с добавками твердого наполнителя (графита, алюминиевого порошка) и различных присадок. На такие участки пресс-форм противозадирный материал чаще всего наносится вручную.

При литье магниевых сплавов используют смазочные материалы на масляной основе, например, состоящие из трансформаторного масла, керосина (разбавитель), графита, а также водорастворимые солевые смазочные материалы. Для отливок из медных сплавов применяют «Графитолы», «Прессолы» и подобные им материалы. При изготовлении стальных отливок используют смазочные материалы на основе дисульфида молибдена, не содержащие растворителей или разбавителей. На машинах с холодной камерой прессования обязательно смазывается пресс-поршень и рабочая поверхность камеры прессования. Для этой цели используют консистентные смазочные материалы, имеющие в своем составе масляную основу, загустители, графит и другие материалы, повышающие их смазывающие свойства. В последнее время, для улучшения санитарно-гигиенических условий труда в цехах литья под давлением и повышения качества отливок, стали применять порошкообразные смазочные материалы на основе материалов подобных воску, не имеющие в своем составе растворителей. С целью исключить выбросы вредных веществ в атмосферу цеха используются устройства для смазывания рабочих поверхностей пресс-формы при закрытом ее положении, перед или во время запрессовки в нее расплава. Пока такие устройства разработаны лишь для машин с горизонтальной холодной камерой прессования и используются при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов. В качестве смазочного материала, при его подаче в замкнутое пространство пресс-формы и камеры прессования, успешно применяются материалы типа ЛД. Вспомогательные смазочные материалы, упрощают обслуживание пресс-форм и продлевают срок их эксплуатации. К ним относятся, например, антипригарные смазочные материалы для крепежных деталей пресс-форм и материалы для направляющих колонок.

Тема : Литье под низким давлением

Применяют для получения крупных тонкостенных корпусных заготовок из легкоплавких сплавов. Расплавленный металл 1 (рис. 2) из плавильного тигля 2, который нагревается электронагревателями 3, под давлением инертного газа или воздуха $0,1—0,8 \text{ кгс/см}^2$ ($0,01—0,08 \text{ МН/м}^2$) выжимается по металлопроводу 4 в рабочую полость формы 5, где он кристаллизуется в пространстве между формой 6 и стержнем 7. Стержень может быть из обычной стержневой песчаной смеси. Давление инертного газа должно быть невысоким по той причине, что площадь зеркала расплавленного металла в тигле 2 во много раз больше площади металлопровода 4. Незначительное перемещение металла в тигле вызывает высокий подъем жидкого металла внутри металлопровода и в литейной форме. После кристаллизации отливки, давление инертного газа снимается, литейная форма, раскрывается и из неё извлекают отливку.

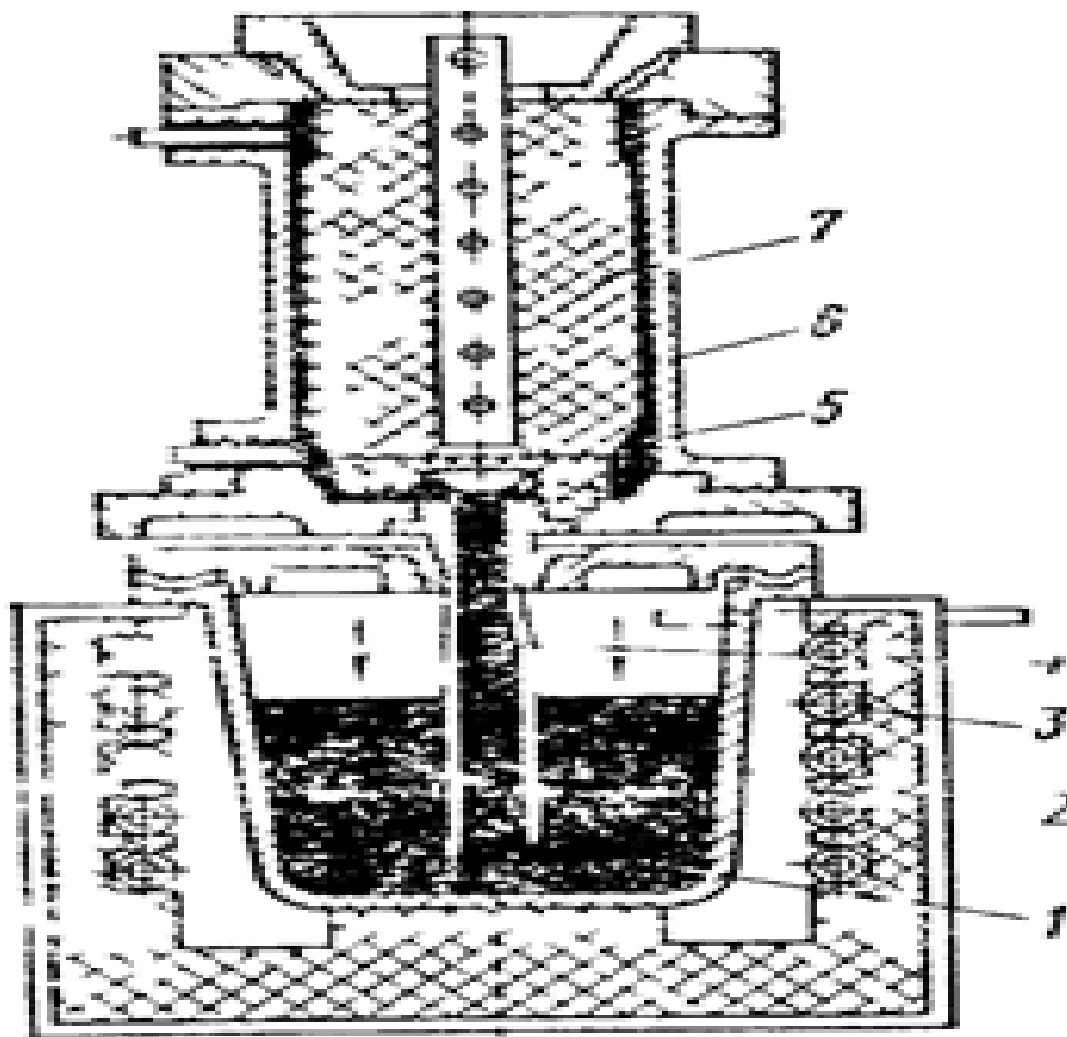


Рисунок 124 .Установка для литья под низким давлением.

В обычном представлении штамповка и прокатка — это процессы, относящиеся к области обработки металла давлением, которые состоят в том, что твердый холодный или нагретый металл подвергается давлению и в результате пластической деформации изменяет свою форму, приобретая необходимую, заданную. Для осуществления этого процесса требуется мощное оборудование (для создания достаточного давления). Кроме того, заготовку таким способом можно получить только из сплава, который имеет достаточно высокую пластичность в твердом состоянии. Такой, например, сплав, как серый чугун, штамповать или прокатывать затруднительно.

Среди технологических процессов литейного производства имеются способы, которые позволяют произвести штамповку или прокатку, но уже жидкого металла. А поскольку в жидкое состояние при нагреве до более или менее высокой температуры переходят практически все сплавы, то такой процесс можно широко использовать. Можно получить изделия из любых материалов, в частности из серого чугуна.

Штамповка жидкого металла состоит в том, что расплав заливается в специальную полость, выполненную в матрице. Затем пуансон опускается, и под его давлением жидкий металл поднимается и заполняет полость, образующуюся между матрицей и пуансоном.

Эта полость имеет конфигурацию будущей отливки; матрица выполняет наружную ее поверхность, пуансон — внутреннюю. Когда металл затвердевает, форму раскрывают и отливку удаляют из матрицы.

Такой способ отличается большой производительностью, дает возможность получать плотные, довольно тонкостенные отливки. Для его осуществления не требуется столь мощного оборудования, как при штамповке твердого металла. Правда, этот способ ограничивается определенной конфигурацией изделий — они не могут быть сложными.

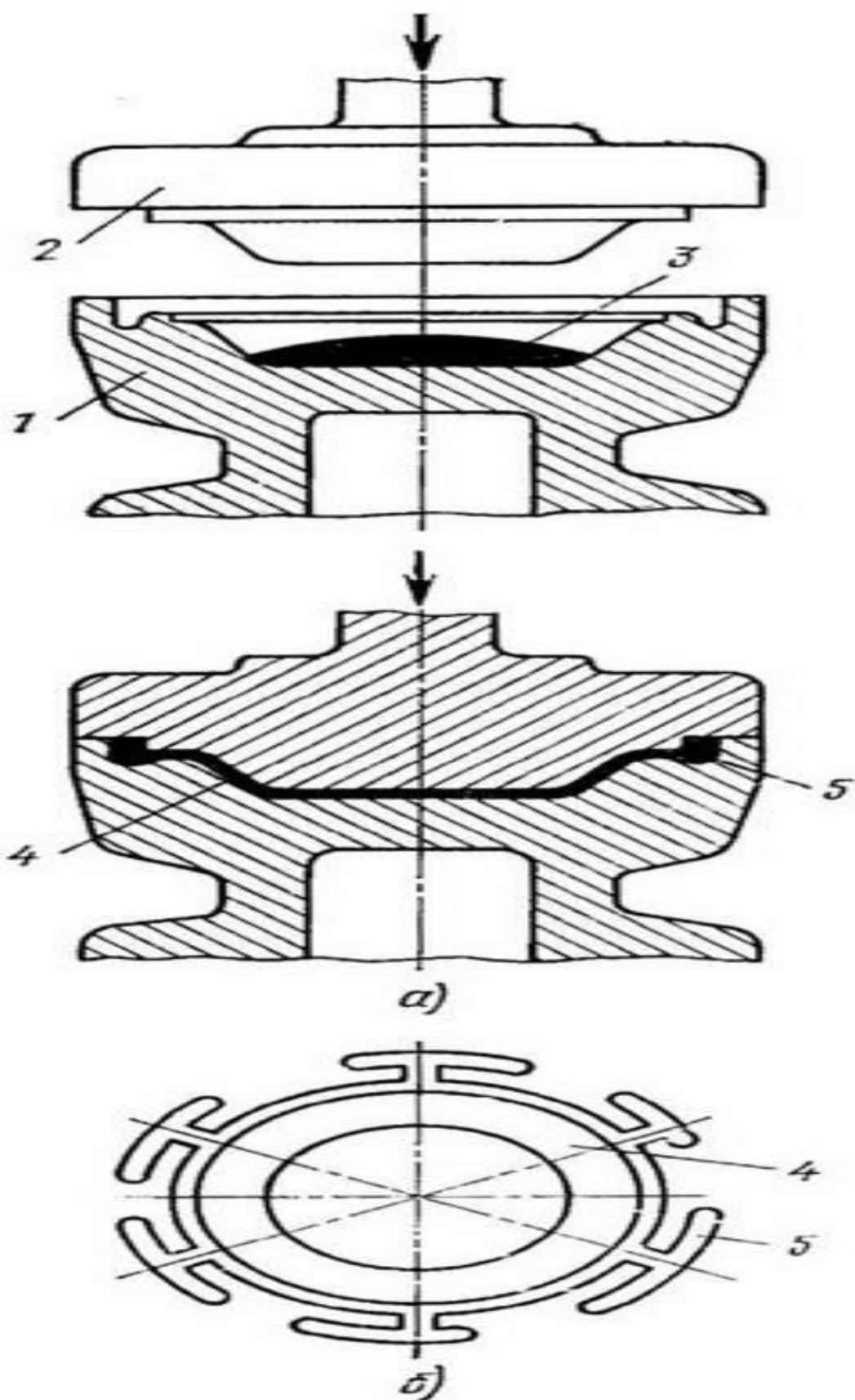


Рисунок 125. Схемы заполнения формы при штамповке жидкого металла (а) и эскиз отливки (б): 1—матрица; 2 — пуансон; — жидкий металл; 4 — отливка; 5 — излишек металла

Тема : Центробежное литье

Центробежным литьем называют способ изготовления отливок, при котором залитый в форму расплав подвергается воздействию центробежных сил. Центробежные силы возникают в расплаве при заливке его во вращающуюся форму или в результате приведения во вращательное движение уже заполненной металлом формы (метод центрифугирования). Обычно расплав подвергается воздействию центробежных сил как в период заполнения формы, так и кристаллизации вплоть до полного затвердевания отливки.

При центробежном литье каждая частица залитого во вращающуюся форму расплава испытывает действие силы тяжести $P_t = mg$ и центробежной силы $P_{ц.б.} = m\omega^2 r$, где m — масса частицы; g — ускорение свободного падения; ω — угловая скорость вращения формы; r — радиус вращения частицы (расстояние ее от оси вращения). Центробежная сила, действующая со стороны частицы t на соседние, направлена радиально от оси вращения и представляет собой дополнительную силу тяжести, возникающей во вращаемой материальной частице. При центробежном литье эта сила в несколько раз больше силы тяжести. Отношение $P_{ц.б.}/P_t = m\omega^2 r/mg = K$, показывающее, во сколько раз центробежная сила превышает силу тяжести, называется гравитационным коэффициентом K (коэффициентом утяжеления), характеризующим изменение физических условий при центробежном литье по сравнению с литьем под действием гравитационных сил.

Под действием центробежной силы возникают гидродинамические и гидростатические явления, определяющие особые условия заполнения формы, охлаждения и кристаллизации металла: изменяются движение конвекционных потоков, геометрия свободной поверхности расплава, величина и распределение давления в нем и на стенки литейной формы, скорость течения расплава в каналах литниковой системы. Возрастают силы, действующие на содержащиеся в расплаве шлаковые, газовые и другие включения, изменяются скорость и траектория их всплывания, а также условия охлаждения отливок, их кристаллизации, фильтрации жидкой фазы в затвердевающем слое и питания отливок. В результате проявляются следующие основные достоинства процесса центробежного литья: улучшение заполняемости форм расплавом, возможность получения тонкостенных отливок с четкой проработкой их контуров; улучшение питания отливок, измельчение их структуры, интенсивное очищение расплава от неметаллических включений, следовательно, возрастание механических свойств отливок, их герметичности; возможность литья деталей, имеющих форму тел вращения (труб, втулок и др.), без применения литниковых систем и стержней, а также двухслойных и многослойных деталей типа прокатных валков, труб с сочетанием в одной отливке сплавов с различными свойствами; повышение точности и

стабилизация размеров отливок и, следовательно, увеличение коэффициентов использования металла, весовой точности, необрабатываемых поверхностей. Центробежное литье является высокопроизводительным, легко автоматизируемым процессом, обеспечивающим высокие технико-экономические показатели производства (съем с квадратного метра площади цеха, низкий брак отливок и т. д.), благоприятные условия труда.

Различают ряд разновидностей процесса, классифицируемых по положению оси вращения (вертикальное, горизонтальное, наклонное, изменяющееся во время заливки); материалу и методу изготовления формы (металлические, керамические, песчаные, комбинированные); положению полости формы по отношению к оси вращения (ось формы совпадает с осью вращения либо форма находится вне оси вращения); конфигурации отливки (труба, втулка, кольцо, асимметричная деталь) ; материалу отливки.

Большинство отливок трубчатой формы изготавливают на машинах с горизонтальной или наклонной осью вращения. При этом можно получить без применения стержней полые цилиндрические равностенные детали повышенной плотности. Схематически показана в поперечном разрезе макроструктура цилиндрических отливок, изготовленных в неподвижной (а) и во вращающейся (б) формах. В случае, а кристаллизация металла начинается на наружной (образуемой формой) и внутренней (образуемой стержнем) поверхностях отливки с формирования плотного мелкозернистого слоя металла 1 (литейной корочки). Затем по мере прогрева формы и стержня, а также образования зазора между кристаллизующейся отливкой и формой интенсивность и направленность отвода теплоты резко снижаются, образуются более крупные кристаллы 2, а находящиеся в расплаве неметаллические включения, выделяющиеся при охлаждении его газы (ранее бывшие в растворенном состоянии), легкоплавкие компоненты оттесняются в среднюю часть 3 стенки отливки, где при недостаточном питании образуется также усадочная пористость. Таким образом, средняя часть стенки отливки оказывается наименее качественной.

При центробежном литье протекает направленная кристаллизация от стенки формы с подпиткой затвердевающих слоев расплавом под центробежным давлением. Постоянное перемещение частиц металла под действием центробежных сил способствует измельчению структуры отливки. Неметаллические включения, имеющие меньшую плотность, чем расплав (шлак, газы), оттесняются в сторону оси вращения к внутренней поверхности отливки. Этот недоброкачественный слой 4 металла может быть удален механической обработкой, а основная масса металла отливки 5 оказывается плотной, с высокими механическими свойствами. Процесс литья осуществляется на специальных машинах с вертикальной, горизонтальной или наклонной осью вращения.

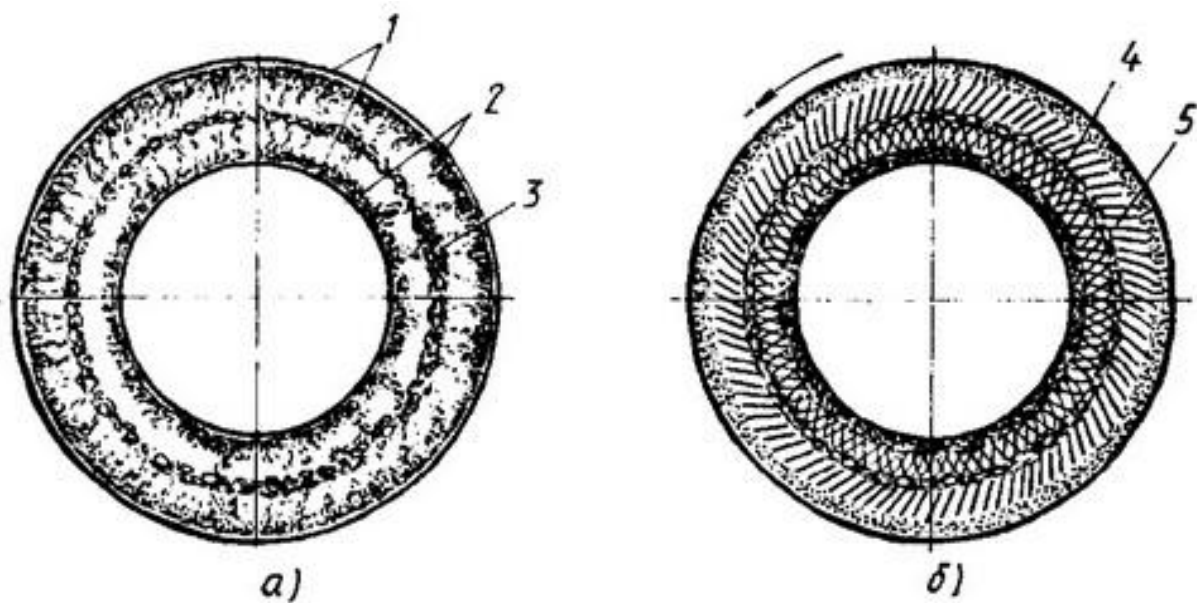


Рисунок 127 . Схемы структур отливок, изготовленных в неподвижной (а) и во вращающейся (б) формах

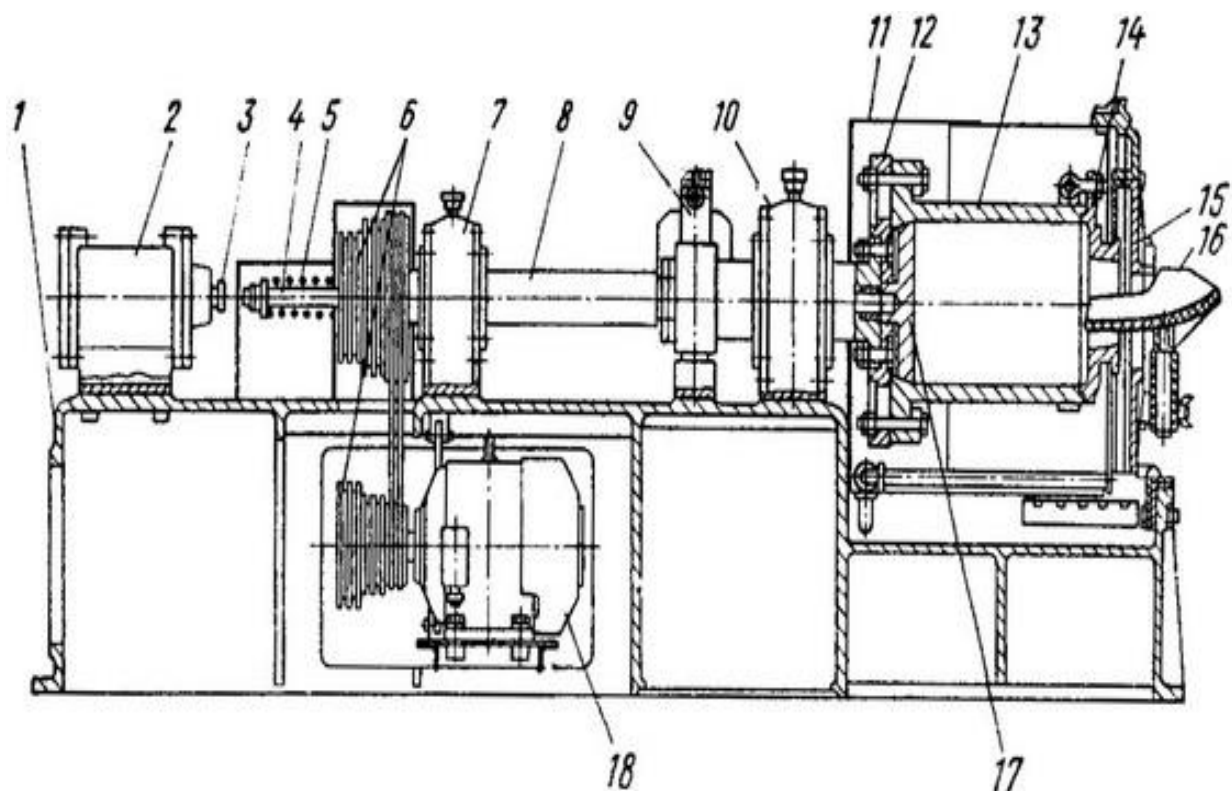


Рисунок 128 . Центробежная машина для отливки цилиндрических заготовок

Общий вид металлической формы (изложнице) втулок. На станине 1 машины смонтированы пневмоцилиндр 2 выталкивателя 3 отливок, полая ось 8 вращения (шпиндель) машины с фланцем 12, на котором консольно закреплена изложница 13. Полая

ось установлена на подшипниках опор 7,9 и 10. Шпиндель приводится во вращение от электродвигателя 18 через шкивы 6 с помощью клиноременной передачи. Изложница находится внутри неподвижного защитного кожуха 11, в нижней части которого имеется ванна, заполняемая водой для интенсификации охлаждения изложницы. Кожух 11 с торца закрывается дверцей 15, на которой закреплен желоб 16. Сама изложница имеет съемную боковую стенку 14, препятствующую выплеску металла при заливке и оформляющую передний торец отливки. Перед началом работы машины дверца кожуха 15 открыта, желоб отведен в сторону, боковая стенка 14 изложницы открыта или снята. После подготовки изложницы к работе (подогрева, смазки или нанесения теплоизоляционного слоя) на ней закрепляют стенку 14, закрывают дверцу 15 кожуха, а желоб 16 при этом вводят своим носком в полость изложницы (как показано на схеме). Включается привод и во вращающуюся изложницу по желобу заливается мерная доза расплава, необходимая для получения отливки с требуемой толщиной стенки. После затвердевания металла во вращающейся изложнице она останавливается, открывается дверца 15, снимается стенка 14 и готовая отливка удаляется с помощью подвижной задней торцевой стенки 17 изложницы в результате давления на нее, передаваемого с помощью пневмоцилиндра 2 толкателем 3 через шток 4, на котором стенка 17 жестко закреплена. После выталкивания отливки и возвращения в исходное положение выталкивателя 3 пружина 5 смещает влево шток 4, расположенный внутри полого шпинделя 8, и подвижная стенка 17 занимает исходное положение. При отливке протяженных труб (водопроводных, канализационных и др.) для равномерного распределения расплава по всей длине изложницы необходимо либо перемещать ее на специальной тележке в направлении вдоль желоба (а), либо выдвигать в направлении Я желоб, введенный на полную глубину в полость изложницы (б). Установка машины с уклоном 3—5° в сторону раструба отливки способствует лучшему стеканию металла с желоба и распределению его по длине изложницы. Для интенсификации охлаждения изложницы в зазор между ней и корпусом подается вода.

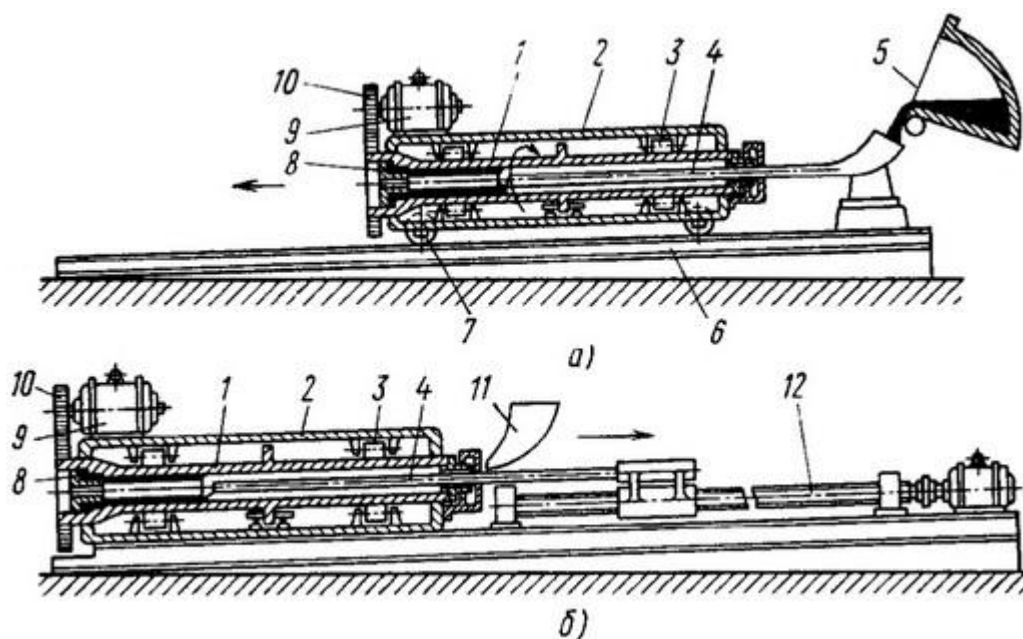


Рисунок 129. Схемы центробежных трубокладных машин:

а — с перемещающейся изложницей, б — с перемещающимся желобом; 1 — изложница, установленная в корпусе 2 на роликовых опорах 3, 4 — неподвижный желоб, 5 — заливочный ковш, 6 — рельсовый путь для тележки 7, перемещающей корпус с изложницей в направлении В, 8 — песчаный стержень для формирования фланца и раструба, 9 — электродвигатель, приводящий во вращение изложницу через систему шестерен 10 (либо клиноременную передачу), 11 — заливочное устройство, 12 — винтовой привод перемещения желоба

Тема : Непрерывное литье

Непрерывное литье (непрерывная разливка металла) предполагает разливку расплава непосредственно из плавильной печи или ковша в водоохлаждаемый кристаллизатор, из которого затвердевшая отливка непрерывно вытягивается с помощью затравки и специального привода. Плу непрерывное литье является той разновидностью способа, в которой через определенные промежутки времени все механизмы возвращаются в исходное состояние и процесс повторяется.

Процесс непрерывного литья осуществляется следующим образом. Расплав из ковша равномерно и непрерывно поступает в водоохлаждаемую металлическую форму-кристаллизатор. Подача первых порций расплава начинается тогда, когда в выпускное отверстие кристаллизатора установлена соединенная с приводом затравка, поперечное сечение которой повторяет сечение отливки. Частично затвердевшая часть отливки (слитка, прутка, заготовки прямоугольного, квадратного сечения, трубы, станины станка и др.) непрерывно извлекается валками или иными устройствами, если требуется, отливка разрезается на заготовки пилой. Непрерывное литье зародилось в XIX в металлургической промышленности в эпоху промышленного освоения производства стали. Цель, которую ставили металлурги при разработке этого процесса, заключалась в получении литой заготовки такого сечения, которое позволило бы уменьшить число проходов при ее прокатке и усилия прокатки, повысить производительность. Однако эта проблема была решена только во второй половине XX в. В настоящее время непрерывное литье широко используется в металлургической промышленности для разливки стали, цветных металлов и сплавов в слитки, получения чугунных напорных труб, а также в машиностроении для получения трубных заготовок и заготовок сложного поперечного сечения.

Особенности процесса формирования непрерывной отливки обусловлены тем, что в кристаллизаторе в разных его зонах по высоте или длине в каждый данный момент одновременно происходят все последовательные стадии охлаждения и затвердевания расплава. I- кристаллизатор заполняется расплавом; II – отвод теплоты перегрева; III – кристаллизация; IV- охлаждение отливки. Высокая интенсивность охлаждения расплава способствует направленной его кристаллизации, уменьшению ликвационной неоднородности, неметаллических и газовых включений, а непрерывная подача расплава в верхнюю часть кристаллизующей отливки – постоянному питанию фронта растущих кристаллов, устранению усадочных дефектов (раковин, рыхлот, пористости).

Как правило, заготовки, полученные способом непрерывного литья, имеют плотное, без усадочных дефектов строение, малую ликвационную неоднородность и газосодержание, чистую поверхность, достаточно высокую точность размеров. Однако высокая скорость охлаждения расплава во многих случаях приводит к образованию значительных внутренних напряжений в отливках, а иногда к трещинам.

Наряду с указанными особенностями формирования отливки, способствующими повышению качества металла, техническая реализация процесса в производстве показывает следующие преимущества этого способа литья: возможность получения отливки постоянного поперечного сечения, неограниченной длины; увеличение выхода годного путем уменьшения расхода металла на прибыли и донные части слитков; уменьшение расходов на изготовление изложниц и литейных форм; повышение качества металла, точности и улучшение поверхности отливок; автоматизация процесса разлива расплава, возможность создания непрерывно действующих агрегатов для получения слитков и последующей их прокатки в профили или литых заготовок деталей машин и последующей их обработки вплоть до готового изделия; полное исключение трудоемких операций изготовления литейных форм, выбивки, обрубки, очистки отливок; устранение из литейного цеха формовочных и стержневых смесей и связанное с этим существенное улучшение условий труда и уменьшение вредного воздействия литейного процесса на окружающую среду.

Таким образом, непрерывное литье — это прогрессивный материало- и трудосберегающий технологический процесс, позволяющий повысить качество отливок, производительность и улучшить условия труда при меньших энергозатратах.

Однако непрерывное литье не позволяет получать отливки сложной конфигурации. Конфигурация изделия определяется возможностью его непрерывного извлечения из кристаллизатора. По-видимому, расширение области применения этого прогрессивного процесса литья для машиностроительных деталей связано с необходимостью пересмотра устоявшихся конструктивных решений тех или иных деталей и узлов машин, разработки таких конструкций деталей, которые могли бы быть изготовлены этим способом.

Важнейшим технологическим параметром процесса непрерывного литья является интенсивность охлаждения расплава, определяющая скорость кристаллизации отливки и соответственно ее качество, а также производительность процесса. Увеличение скорости

кристаллизации способствует созданию условий направленной кристаллизации и повышению качества литого металла, производительности установок.

Интенсивность отвода теплоты от расплава в кристаллизаторе ограничена тем, что вследствие усадки отливки между кристаллизующейся корочкой металла и стенками кристаллизатора образуется зазор, снижающий скорость отвода теплоты. Для устранения этого явления на определенном участке (по высоте) кристаллизатор делают с обратной конусностью. Однако при недостаточно точном соблюдении температурных режимов литья и скорости вытягивания отливки обратная конусность повышает вероятность обрыва корочки металла, появления в ней подрывов и трещин. Для повышения интенсивности охлаждения отливки процесс осуществляют так, что в коротком кристаллизаторе формируется только корочка толщиной, достаточной для того, чтобы при ее извлечении из кристаллизатора не образовалось надрывов и трещин, а основное количество теплоты отводят погружением отливки в воду в зоне вторичного охлаждения. Такую схему процесса используют для литья алюминиевых сплавов. Благодаря высокой теплопроводности этих сплавов при погружении отливаемого слитка в воду скорость кристаллизации повышается, и направление кристаллизации приближается к осевому. Это способствует повышению качества металла. Таким способом изготавливают слитки различных размеров с круглым, квадратным, прямоугольным поперечным сечением для последующей прокатки или других способов обработки давлением. Однако перед прокаткой производят механическую обработку поверхности слитков для устранения неслитин, ликвационных наплывов, приводящих к образованию дефектов в прокате. Можно повысить качество слитков, снизить трудоемкость их подготовки к прокатке, используя способ литья в электромагнитный кристаллизатор (ЭМК). Сущность процесса заключается в том, что формообразование в ЭМК происходит благодаря воздействию электромагнитных сил, возникающих при взаимодействии вихревых токов, наведенных в расплаве с магнитным полем высокочастотного индуктора. Ток в кольцевом индукторе создает магнитное поле напряженностью H_0 . Вектор H_0 на поверхности расплава имеет две составляющие – аксиальную H_{0z} и радиальную H_{0r} . Составляющая H_{0z} , взаимодействуя с током I_2 в расплаве, создает радиально направленную силу f_{0r} . Электромагнитная сила f_{0r} способна удержать расплав от растекания и придать ему в поперечном сечении форму индуктора с размерами, зависящими от интенсивности магнитного поля, таким образом, роль кристаллизатора выполняет магнитное поле, удерживающее жидкий металл. Охлаждающая вода из коробки 1 подается на поверхность расплава так, чтобы граница жидкой и твердой зон слитка находилась на уровне середины индуктора. Распределение

магнитного поля индуктора по высоте жидкой зоны слитка влияет на форму и качество поверхности слитка. Для получения требуемой конфигурации магнитного поля используют экран из немагнитного металла, также охлаждаемый водой. Скорость извлечения слитка зависит от его размеров, свойств сплава и интенсивности охлаждения. Отсутствие контакта расплава со стенками кристаллизатора, высокая скорость охлаждения позволяют улучшить поверхность слитка, исключить ее механическую обработку перед прокаткой, повысить эффективность производства.

При литье сталей короткий кристаллизатор использовать сложно, так как теплопроводность сталей в 2,5...3 раза меньше, чем алюминиевых сплавов, в коротком (150...300 мм) кристаллизаторе не образуется корочка достаточной для вытягивания толщины. Поэтому при литье стали применяют длинные (1000...1500 мм) кристаллизаторы, а выходящую из последних корочку охлаждают интенсивным обрызгиванием водой.

При литье чугуна и медных сплавов используют стальные водоохлаждаемые кристаллизаторы, а также графитовые. Длину кристаллизатора и скорость вытягивания при литье чугуна согласуют так, чтобы не производить вторичного охлаждения отливки для предупреждения отбела. При высокой скорости охлаждения чугуна возможно образование отбела. Однако благодаря отводу значительного количества теплоты от внутренних слоев отливки через тонкую наружную отбеленную корочку, при выходе отливки из кристаллизатора цементит в этой корочке разлагается — происходит самоотжиг отливки. Таким образом, скорость литья, длина кристаллизатора, температурные режимы литья зависят от свойств сплава, из которого изготавливается отливка.

Тема : Электрошлаковое литье

Электрошлаковое литье (ЭШЛ) — это способ получения фасонных отливок в водоохлаждаемой металлической литейной форме — кристаллизаторе, основанный на применении электрошлакового переплава (ЭШП) расходуемого электрода. Отливку получают переплавом электродов из металла требуемого химического состава. Источником теплоты при ЭШЛ является шлаковая ванна, нагреваемая вследствие прохождения через нее электрического тока. В начале процесса в водоохлаждаемый медный кристаллизатор заливают предварительно расплавленный шлак специального состава. Электрический ток подводится к переплавляемым электродам и затравке в нижней части кристаллизатора. Шлаковая ванна обладает малой электропроводностью, поэтому при прохождении через нее тока выделяется большое количество теплоты, Дж:

$$Q = I^2 R_{\text{ш}} t, \quad (44)$$

где I — сила тока; $R_{\text{ш}}$ — электрическое сопротивление шлаковой ванны; t — время процесса. Шлаковая ванна нагревается до 1700°C и более, благодаря чему погруженные в нее концы электродов оплавляются. Капли расплавленного металла проходят через ванну шлака собираются в зоне кристаллизации, образуя под слоем шлака металлическую ванну. Металлическая ванна непрерывно пополняется в верхней части расплавом от плавящихся электродов и последовательно затвердевает в нижней части вследствие отвода теплоты через стенки кристаллизатора. Для получения отливки электроды по мере их оплавления и затвердевания отливки постепенно поднимаются вверх. Для образования полости в отливке водоохлаждаемый металлический стержень также перемещается вверх.

Таким образом, сущность процесса электрошлакового литья заключается в том, что приготовление расплава (плавка) совмещено по месту и времени с заполнением литейной формы: отливка последовательно наплавляется в форме.

Литейная форма при ЭШЛ выполняет две функции: служит устройством для приготовления расплава и для формирования отливки. Это позволяет использовать преимущества процесса ЭШЛ для повышения качества металла отливок.

Тема : Отбеленное литье

К свойствам литейного чугуна следует отнести его способность отбеливаться при быстром охлаждении. Причиной этого отбеливания является недостаток времени, потребного для выделения графита, следствием чего является увеличение твердости чугуна. Этим свойством чугуна пользуются для получения изделий с твердой поверхностью.

Для получения закаленных поверхностей отливку производят в металлические формы, способные быстро отнимать теплоту. Если желают придать особую твердость лишь части поверхности отливки, то только соответствующую часть формы делают металлической

Так как количество выделившегося графита зависит не только от скорости охлаждения сплава, но и от химического состава его, то для получения изделий с хорошо закаленной поверхностью следует выбирать чугун соответствующего качества; наиболее Подходящим для отливок с закаленными поверхностями считают следующий состав чугуна в %.

Чугун с большим содержанием углерода дает при закалке тонкую крепкую корку, малоуглеродистый — толстую и более мягкую.

Большое содержание кремния способствует резкому переходу от закаленной части к незакаленной; увеличение содержания кремния уменьшает общую глубину закалки.

Влияние содержания кремния на глубину закаленного слоя отливки со средней толщиной стенки показано ниже.

Сильно перегретый чугун дает тонкий закаленный слой, более холодный — толстый закаленный слой с постепенным переходом от закаленной части к не закаленной.

Так как усадка белого чугуна вдвое больше усадки серого, то при закалке чугунной поверхности легко могут образоваться трещины. Для предотвращения этого явления, происходящего от неравномерности усадки наружных и внутренних слоев изделия, заливку следует производить быстро и при возможно низкой температуре заливаемого металла.

Для улучшения заполнения формы и повышения качества отливки процесс литья осуществляют так, чтобы геометрические размеры полости формы изменялись по мере заполнения ее расплавом и затвердевания отливки. Это позволяет уменьшить потери теплоты расплавом и заполнять формы тонкостенных крупногабаритных отливок, а также осуществлять компенсацию усадки отливки путем уменьшения ее объема при кристаллизации.

Первая из указанных особенностей формирования и в значительной мере вторая реализуются при литье выжиманием тонкостенных крупногабаритных отливок. Процесс может быть реализован по двум схемам: поворотом подвижной полуформы вокруг неподвижной оси и плоскопараллельным перемещением одной или двух подвижных полуформ.

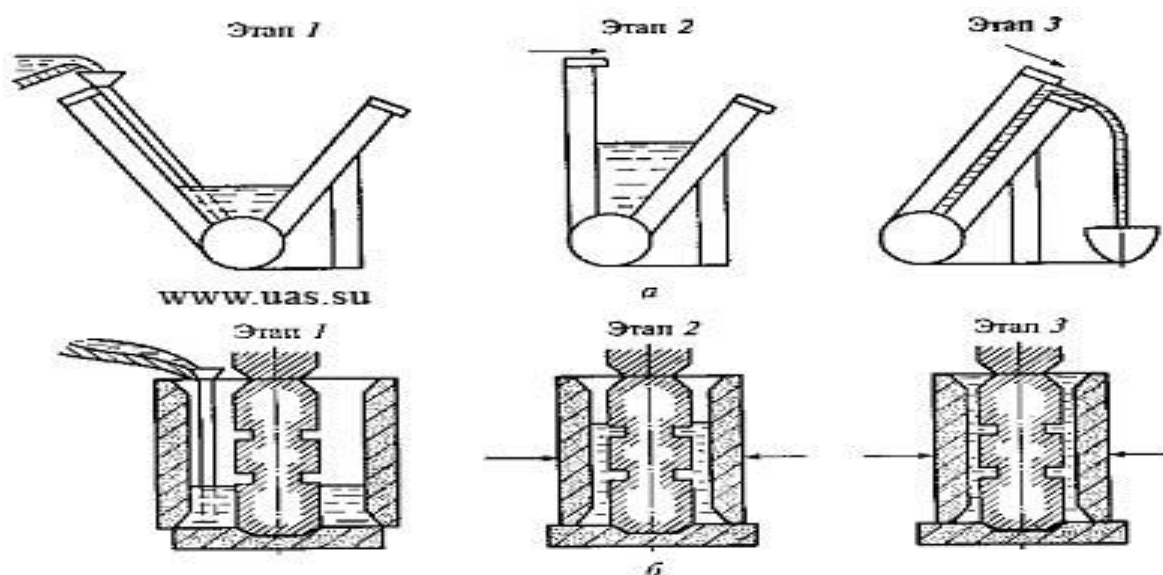


Рисунок130 . – Схемы технологических процессов литья выжиманием: а – поворотом подвижной полуформы; б – плоскопараллельным перемещением полуформ (показано стрелками)

После подготовки и сборки формы расплав заливают в нижнюю часть (металлоприемник) литейной установки (этап 1). Затем подвижную полуформу поворачивают (этап 2) и расплав поднимается в установке, заполняя полость между полуформами и боковыми стенками, закрывающими установку с торцов. В начальный момент сближения полуформ конфигурация объема расплава такова, что потери им теплоты

в форме минимальны. В момент окончания сближения полуформ (этап 3) расстояние между ними соответствует толщине тела отливки, а движение излишка расплава, сливающегося из установки в приемный ковш, способствует уменьшению потерь теплоты и хорошему заполнению форм отливок с весьма малой толщиной стенки (до 2 мм) при значительных габаритных размерах (до 1000 x 3000 мм). После затвердевания отливки подвижная полуформа возвращается в исходное положение, а отливка извлекается из установки.

Отливки, полученные литьем выжиманием, имеют хорошие показатели структуры и механических свойств благодаря тому, что формирование отливки происходит одновременно с заполнением литейной формы и заканчивается в основном в момент завершения ее заполнения. Это обеспечивает питание затвердевающей отливки. Таким способом получают отливки из алюминиевых сплавов АК7, АК9 и др.

Тема : Положение формы в период заливки

Положение отливки при заливке выбирается в зависимости от способа формовки, устройства литниковой системы, величины припусков на обработку, размера опок и т. д. Выбор правильного положения формы при заливке оказывает решающее влияние на качество отливки и по существу предопределяет разъем формы и весь технологический процесс формовки.

При разработке технологического процесса формовки надо руководствоваться следующими правилами.

Отливка в форме должна быть расположена так, чтобы наиболее ответственные части, подвергающиеся механической обработке, находились в нижней части формы

Отливки, имеющие форму тел вращения (цилиндрические гильзы, барабаны, шпиндели и др.) с обрабатываемыми наружными и внутренними поверхностями, должны заливаться вертикально или центробежным способом.

Отливки из сплавов с большой усадкой необходимо заливать в положении, обеспечивающем направленное затвердевание металла, а верхние части отливки питать прибылями.

Плоские плиты и диски, а также тонкостенные отливки необходимо заливать в наклонном положении.

Форма при заливке должна иметь такое положение, при котором стержни можно было бы устанавливать в форму легко и без крепления. Следует избегать применения подвесных стержней с односторонней посадкой, а также длинных, тонких, недостаточно закрепленных горизонтальных стержней.

Вне зависимости от возможных усложнений формовки следует выбирать такое положение отливки, при котором можно обеспечить ее направленное затвердевание — которые питают прибылями.

Отливки типа валов, барабанов, втулок и им подобные надо располагать в форме и заливать вертикально для равномерного заполнения формы сплавом, выделения газов, всплывания неметаллических включений.

Наиболее ответственные поверхности отливки, подвергающиеся механической обработке, необходимо размещать в нижней части формы. Если это вызовет трудности при формовке, то их располагают вертикально или наклонно.

Тонкие стенки отливки нужно размещать в нижней части формы вертикально или наклонно.

В верхней горизонтальной части формы не следует располагать большие поверхности отливки, так как это может привести к «обгару» верха формы и образованию «ужимин».

Массивные части отливки (особенно при литье из стали и сплавов цветных металлов) надо располагать в таком положении, чтобы оно было удобным для питания их прибылями.

Необходимо обеспечить кратчайший путь прохождения металла от литниковой системы к отливке.

Основные требования к выбору положения отливки в форме для серого чугуна, приведенные Н. Г. Гиршовичем, состоят в следующем.

Массивные части отливок из серого чугуна следует располагать в нижней полуформе, а при формовке в одной полуформе — крупных отливок при этом обеспечивается применением металлических холодильников или смесей с повышенной теплопроводностью.

Большие плоские поверхности не следует располагать сверху, а если это неизбежно, следует делить их ребрами, что уменьшает образование ужимин и разрушение верхней поверхности формы лучистой теплотой металла, или резко уменьшить время заполнения формы.

Основную часть отливок с малой и равномерной толщиной стенок (посудное литье, ванны) следует располагать в верхней части формы, обеспечивая тем самым хорошее ее заполнение клиновыми щелевыми или дождевыми питателями, подводимыми в верхнюю часть отливки.

Отливку необходимо располагать так, чтобы обеспечить спокойное заполнение формы, исключаящее разрушение струей металла отдельных участков формы и стержней.

Для устранения образования газовых раковин отливки при заливке следует располагать так, чтобы был обеспечен преимущественно верхний отвод газов из стержней.

При изготовлении форм под высоким давлением, особенно на автоматических линиях, а также для деталей, подвергающихся испытанию на герметичность, отливки в форме следует располагать так, чтобы обеспечить крепление стержней без жеребеек, а закрепление увеличенной нижней разъема верхней полуформы.

Отливку в форме следует располагать по возможности так, чтобы можно было объединить несколько стержней в один для двух и более отливок. Также необходимо, чтобы общая высота формы была наименьшей, а полуформы имели примерно одинаковую высоту.

Тема : Определение поверхности разъема формы

В основу выбора плоскости разъема формы берутся следующие положения: удобство формовки (простота выемки модели из формы), минимальное количество отъемных частей и минимальное количество стержней. Основные поверхности отливки должны размещаться в одной полуформе. Во второй полуформе размещаются менее ответственные части отливок. Разъему формы желательно давать плоскую поверхность, а не фигурную.

В данной отливке разъем будет проходить по поверхности отливки так-как при таком расположении осуществляются требования, предъявляемые к поверхности разъема модели в форме. Плоскость разъема при этом должна обеспечить минимальную трудоемкость выполнения питающих элементов (прибылей, бобышек и др.) и подачу в них горячего металла. Примеры выбора плоскости разъема при установке прибыли и питающей бобышки приведены ниже. При изготовлении отливок колонн, цилиндров, корпусов гидронасосов и других им подобных деталей не всегда удается выбрать единую плоскость разъема для формовки, сборки и заливки формы. В этих случаях выбирают плоскость разъема формы, обеспечивающую наиболее рациональный процесс формовки и сборки. Под заливку собранную форму поворачивают (кантуют) на 90° . Такое решение требует применения специальных опок и увеличивает трудоемкость процесса.

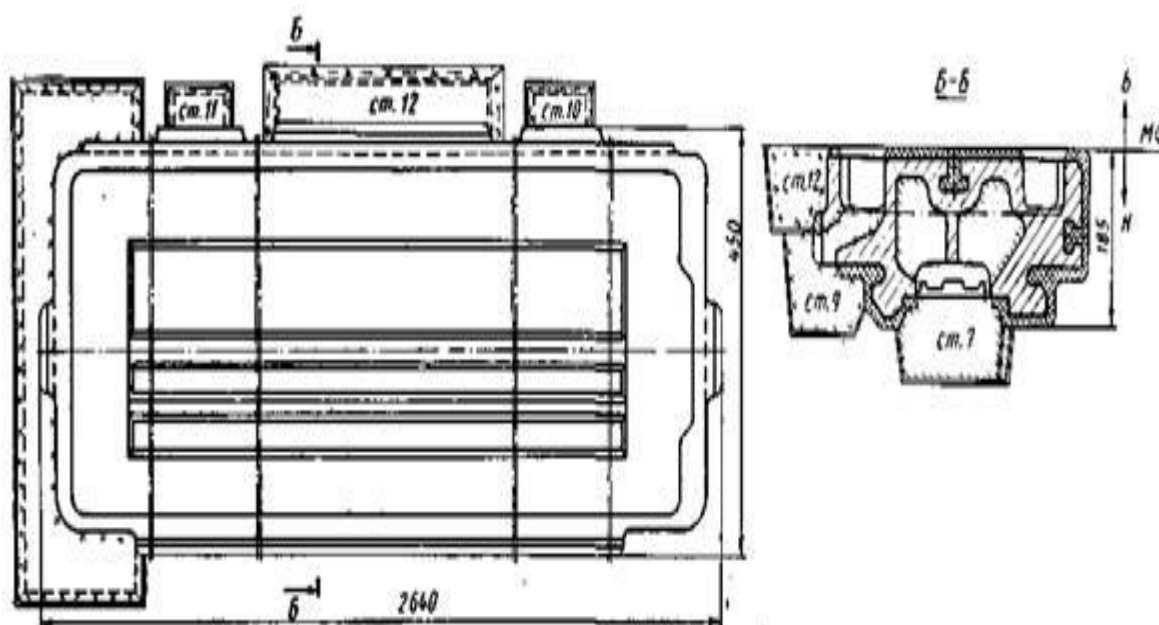


Рисунок 131. Влияние плоскости разъема формы на качество ответственных поверхностей (отливка стола шлифшлифовального станка мод. 3451В)

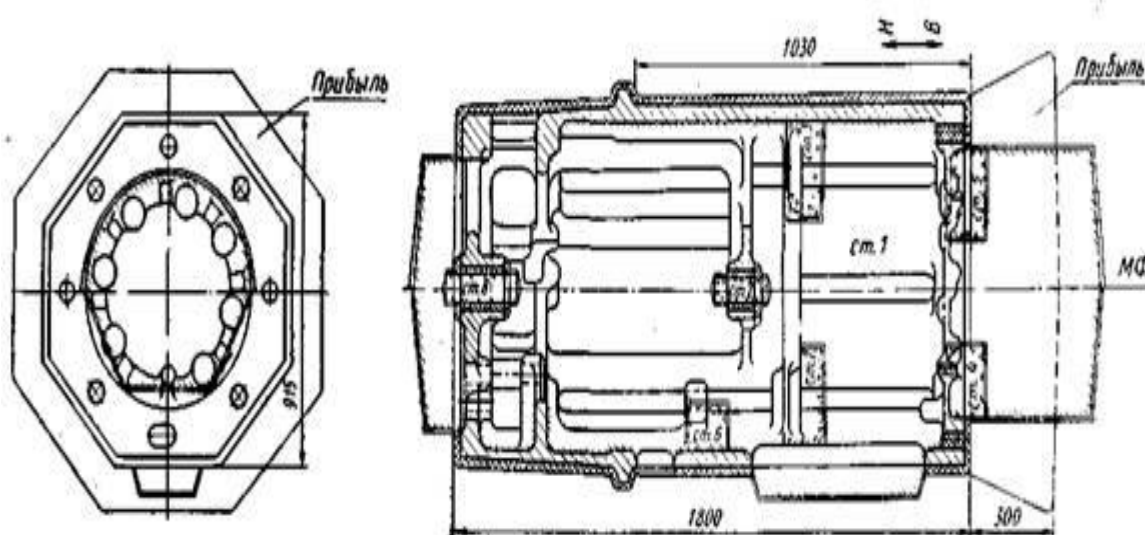


Рисунок 132. . Несовпадение плоскости разъема формы при формовке, сборке и заливке (отливка колонны вертикального токарного полуавтомата)

Например, нижнюю конусную часть колонны вертикального токарного полуавтомата массой 2525 кг, размерами 1800 x 915 x X 915 мм, необходимо обрабатывать до 7-го класса шероховатости. Внутренняя полость колонны имеет много ребер, бобышек и расточек. Для обеспечения качества направляющих и конусной части на торце колонны необходимо установить прибыль и при заливке направляющие располагать в форме вертикально.

При выборе плоскости разъема формы по оси колонны снижается трудоемкость изготовления и сборки формы, а также обеспечивается надежная установка стержней в форму. Собранный форму под заливку поворачивают на 90°. Прибыль, установленная на торце, обеспечивает питание металлом массивных частей отливки — направляющих.

Тема : Разработка чертежа отливки

Разработка чертежа отливки включает выбор положения отливки в пресс-форме, места подвода расплава, конструкции литниковой и вентиляционной системы, назначение припусков на обработку резанием, уклонов, допусков на размеры согласно существующим нормативам и рекомендациям.

Положение отливки в пресс-форме и плоскость ее разъема назначают так, чтобы обеспечить:

1. Извлечение отливки из неподвижной части формы.
2. Минимальное число разъемов и удобство извлечения стержней.
3. Рациональное расположение литниковой и вентиляционной систем.
4. Такое расположение отливки в пресс-форме, при котором образующийся облой не влиял бы на ее точность и мог бы быть отделен от отливки механизированным способом.
5. Съем отливки из пресс-форм манипулятором или роботом.

Литниковая система отливки представляет собой совокупность каналов, по которым жидкий металл поступает из камеры прессования в оформляющую плоскость пресс-формы.

Литниковая система должна обеспечивать наилучшее заполнение полости пресс-ы без спаев и недоливов, получение отливок с минимальной пористостью и хорошей чистотой поверхности, удаление воздуха и газов из полости пресс-форм в процессе заливки.

При конструировании литниковой системы необходимо правильно определить: местоположение литника по отношению к отливке; площади сечений и геометрию элементов литниковой системы.

При литье под давлением основным расчетным элементом литниковой системы является сечение впускного канала питателя. Размеры питателя влияют на режимы литья и, следовательно, от них зависит качество отливок.

В зависимости от расположения литникового хода или камеры прессования по отношению к отливке литниковые системы делят на три типа.

Прямая литниковая система обеспечивает заполнение направленным сплошным потоком металла. Ее можно применять только в одногнездных пресс-формах для отливок, не имеющих центральных окон или отверстий. Площадь поперечного сечения впускного канала соответствует в пресс-формах машин с вертикальной камерой прессования площади поперечного сечения литникового хода, а в пресс-формах машин с горизонтальной камерой - площади поперечного сечения пресс-остатка

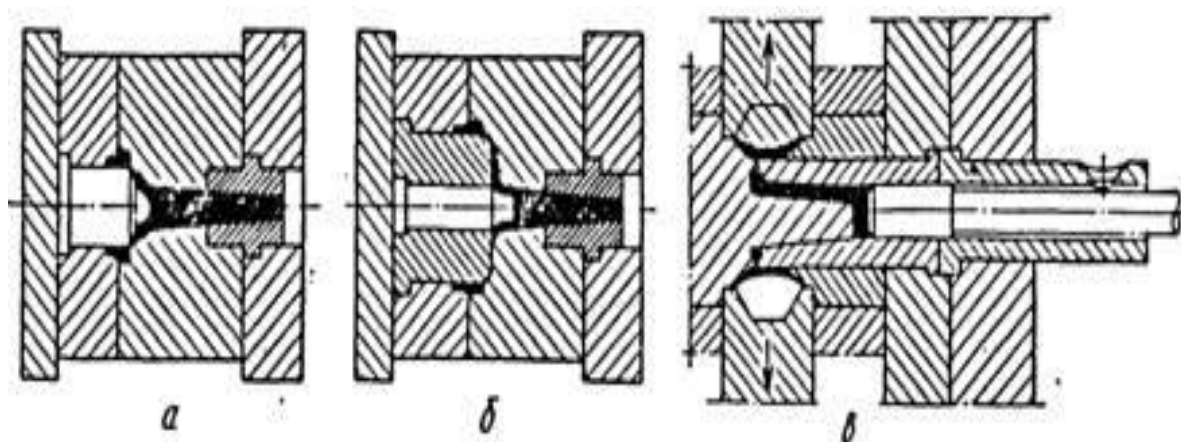


Рисунок 133. Различные конструкции пресс-форм с внутренней литниковой системой: а - прямая литниковая система, подводящий канал отсутствует, литниковый ход (или камера) прессования непосредственно переходит в полость отливки; б - внутренняя литниковая система, подвод металла осуществляется внутри контура проекции отливки на плоскость разъема; в - внешняя (или боковая) литниковая система, металлу подводится к внешнему контуру проекции отливки по плоскости разъема

В случаях изготовления толстостенных отливок прямая литниковая система дает возможность снизить скорость впуска, как это делается при акурад-процессе или заполнении пресс-формы жидкотвердым сплавом по принципу минимального трения. В случаях заливки пресс-формы высокоскоростным потоком жидкого металла в месте подвода литника происходит очень сильный привар.

Внутреннюю литниковую систему применяют в одногнездных пресс-формах, предназначенных для отливок с центральным отверстием, размеры которого допускают размещение подводящих литниковых каналов. В пресс-формы для небольших цилиндрических отливок металл подводят непосредственно из литникового хода по кольцевому питателю, для более крупных отливок используют отдельные подводящие каналы и питатели, примыкающие к внутреннему контуру отверстия. При установке

специального рассекателя, препятствующего затеканию металла в полость пресс-формы до начала запрессовки, внутреннюю литниковую систему можно применять в пресс-формах машин с горизонтальной камерой прессования. Конструкция внутренних литниковых систем позволяет значительно уменьшить размеры пресс-форм.

Внешняя (или боковая) литниковая система представляет собой наиболее распространенный вариант подвода металла к полости пресс-формы. Ее можно применять в некоторых случаях вместо прямой литниковой системы для тонкостенных отливок без центрального отверстия или для отливок с небольшим центральным отверстием.

Для многогнездных пресс-форм внешняя литниковая система является единственно возможным способом подвода металла к отливкам. В целях создания сплошного потока типа гидравлического подпора при впуске металла в полости многогнездных пресс-форм рекомендуется применять коллекторы. Направление подводящих каналов от коллектора к отливкам по возможности должно быть таким, чтобы металл попадал в них после заполнения коллектора

Коллекторы используют также в одногнездных пресс-формах для крупногабаритных отливок с целью осуществления одновременного подвода металла в различные точки оформляющей полости.

Нередко приходится создавать комбинированные боковые или внешние литниковые системы, имеющие сеть подводящих каналов и коллекторов.

Проектирование литниковой системы начинают с определения места установки питателя, соблюдая условия: избегать лобового удара струи о стенки большой протяженности, стержни, выступы, вызывающие завихрения в потоке; лучше, если поток будет их обтекать; избегать встречи потоков расплава в форме; расплав должен поступать параллельными струями; располагать питатель так, чтобы движение потока расплава способствовало последовательному вытеснению воздуха и продуктов разложения смазочного материала через вентиляционные каналы из полости пресс-форм

Расчет литниковой и вентиляционной систем. На рис.27 приведена проекция отливки "Крышка люка картера" двигателя М-412. Для экономии металла высота пресс-остатка должна быть минимальной, но не меньше входного отверстия литникового хода для машин

с вертикальной камерой и не меньше размера входного отверстия в подводящий канал для машин с горизонтальной камерой прессования.

Оформление и направление подводящего канала и место расположения питателей должно быть выбрано так, чтобы выполнялись следующие условия: металл полностью заполнял формы; сложные и дорогие формы не должны изнашиваться от размывающего действия потока; течение потока не должно вызывать местного перегрева формы; предоставлялась возможность полного удаления газов из полости формы; не портить внешнего вида отливки.

Очень важно оформление перехода от литникового канала к питателю. Благодаря торможениям потока здесь выделяется большое количество тепла, которое необходимо отводить в охлаждающие системы.

Одним из главных принципов конструирования литниковой системы является принцип сужения каналов от камеры прессования к пресс-форме. В пресс-формах, проектируемых для машин с горизонтальной камерой прессования, почти всегда можно осуществить сужение литниковой системы, в котором поток металла приобретает установившееся движение, находясь в канале питателя. Сужающаяся литниковая система уменьшает захват воздуха первыми порциями расплавленного металла, тогда как в условиях расширяющейся литниковой системы воздух попадает через питатель в оформляющую полость. Площадь поперечного сечения питателей в литниковых системах любой конструкции делают меньше площади сечения подводящего канала или коллектора. Проходя через такой питатель, поток металла начинает двигаться с ускорением. В ускоряющемся потоке пузырьки воздуха объединяются и выносятся в промывник. Обычно сечение питателя имеет прямоугольную форму, а сечение и ширину подводящего канала по формуле подводящего канала - трапециевидную (рис.28). Площадь поперечного сечения подводящего канала

$$B_{п.к} = \frac{F_{п.к}}{H_{п.к}} \quad \text{или} \quad B_{п.к} = \frac{(1,2 - 1,5) f_{пит}}{0,77 \sqrt{f_{пит}}} = (1,55 - 1,95) \sqrt{f_{пит}} \cdot$$

Толщину подводящего канала (или коллектора) $H_{п.к}$ можно рассчитать по эмпирической формуле

$$H_{п.к} = 0,77 \sqrt{f_{пит}},$$

Питатели. Размеры питателя влияют на режимы литья и, следовательно, от них зависит качество отливок. Определение размеров питателей вследствие сложности физико-химических процессов, происходящих при заполнении формы, вызывает значительные трудности. Поэтому на практике используют методы расчета, основанные на опытных и практических данных. Метод сложен, поэтому на практике часто определяют минимальные площади сечений питателя, пользуясь коэффициентами K , выведенными опытным путем. Расчет основан на том, что произведение χVt , входящее в знаменатель формулы, можно считать постоянной величиной для каждой группы сложности отливок. Тогда

$$F_n = \frac{M_{отл}}{K}, \quad (45)$$

где F_n - площадь поперечного сечения питателя.

Практические способы расчета сечений питателей с применением коэффициента K основаны на обобщении производственного опыта на заводах ЗИЛ, УМПО. Выбор размеров питателя (тонкий и толстый) зависит от толщины стенки (σ , мм) и конфигурации отливок. При ленточной форме питателя его толщина составляет $0,66\sigma$ для простых отливок со стержнем, $(0,5-0,66)\sigma$ для сложных отливок с большими стержнями, $0,5\sigma$ для сложной отливки с большим количеством стержней.

Ширина питателя определяется по формуле:

$$B_n = F_n / \delta_k.$$

Скорость течения жидкого металла при заполнении формы в литниковой системе должна быть существенно меньше, чем в питателе. Вентиляционные каналы служат для удаления газа и воздуха из оформляющей плоскости при высокотурбулентном заполнении ее жидким сплавом. Они должны быть такими, чтобы брызги сплава при распылении струи не могли бы их закупорить. При заполнении формы сплошными потоками вентиляционные каналы устанавливают в местах, наиболее удаленных от питателя, или местах образования потока расплава. При заполнении дисперсным потоком вентиляционные каналы следует располагать на всех участках заполнения. Вентиляционные каналы обычно выполняют в плоскости разъема пресс-формы. Они имеют вид прямоугольных приточек, толщина (глубина) σ_B которых зависит от вида заливаемого сплава. При условии заливки их в жидком состоянии (при заливке жидко-твердых сплавов) значения σ_B могут быть увеличены в два-

три раза. Ширина каждого канала не должна превышать 5 мм в целях облегчения условий удаления облоя при обдувке пресс-формы. Ниже приведены значения $\sigma_{\text{в}}$, мм: Для лучшего удаления газов и воздуха вентиляционные каналы делают на вставках в плоскости и на подвижных и неподвижных полу- формах. На рис.30 показано расположение вентиляционных каналов на неподвижной полуформе "Блок цилиндров". Промывники применяются для уменьшения пористости отливок. Они предназначены для промывки полости пресс-формы жидким металлом. Промывники соединяют с оформляющей полостью через канал. Обычно их располагают на противоположной стороне питателя Толщина соединительного канала $\sigma_{\text{с.к}}$ должна быть 0,2-0,5 мм. Толщина канала зависит и от других факторов. Если сделать ее равной толщине питателя, то поток, достигнув соединительного канала, сразу заполнит его металлом, в котором будет еще мало газовых пузырьков.

Для расчета толщины соединительного канала служит следующая зависимость:

$$\delta_{\text{с.к}} = (0,8 - 0,9) f_{\text{пит.}}$$

Промывники для удаления газовой смеси из металла можно одновременно располагать по наружному и внутреннему контурам отливки. Все промывники должны иметь индивидуальные выталкиватели. В зависимости от конфигурации и сложности отливки авторы рекомендуют следующие размеры промывников Количество их устанавливается в зависимости от расположения литниковой системы и конфигурации отливаемой детали. Объем промывников применяют равным 10-20 % от объема отливки. Ширина соединительного канала между полостью формы и промыв- ником составляет (0,5-0,66) части от ширины промывников.

Тема : Конструирование стержней

Определение количества и конструкции стержней.

Типы стержней. В зависимости от конфигурации и условий работы стержни делят на пять классов:

I – стержни наиболее сложной конфигурации, имеющие тонкие сечения значительной протяженности, формирующие в отливках узкие внутренние необрабатываемые полости, имеющие узкие знаки (например, стержни ру- башки охлаждения, блок цилиндров автомобиля);

II – сложные стержни с массивными частями сочетаемыми с тонкими ребрами, перемычками, выступами и впадинами, обладающие большими зна- ками, чем стержни класса I, и формирующие в отливках полностью или час- тично необрабатываемые полости (например, стержни сложных корпусов приборов);

III – стержни средней сложности, не имеющие особо тонких сечений, формирующие в отливках частично или полностью обрабатываемые поверх- ности, требующие наряду со средней прочностью в сыром и сухом состоянии высоких поверхностных качеств (например, центровые стержни блока цилин- дров);

IV – стержни несложной конфигурации, формирующие в отливках об- рабатываемые или необрабатываемые внутренние полости, или внешние га- баритные стержни средней и малой сложности (например, стержни крупных корпусных отливок, станин станков). Для увеличения податливости эти стержни могут изготавливаться пустотелыми или с пористыми прокладками;

V – стержни наиболее простой конфигурации, имеющие постоянные сечения, формирующие в отливках обрабатываемые и необрабатываемые ровные с плавными переходами внутренние и внешние поверхности (напри- мер, стержни простых отверстий, массивные стержни для образования внутренних полостей в крупных отливках).

Стержни состоят в большинстве случаев из двух частей: основной час- ти, поверхность которой выполняет внутреннюю полость, а иногда внешние очертания отливки, и второй знаковой частей (знаки стержня), с помощью ко- торых стержень фиксируется в форме.

В сложных отливках внутренняя полость отливок представляет собой

сложный комплекс отдельных объемов, которые должны быть выполнены в форме стержнем или группой стержней. Назначение количества их является одной из первых задач технолога-литейщика. При решении этого вопроса учитывается необходимость выполнения следующих условий:

- стержень должен иметь удобную плоскость для набивки (простые в изготовлении);
- конструкция стержней должна обеспечивать их получение без применения отъемных частей стержневых ящиков (снижается точность, удорожание изготовления, снижение производительности);
- конструкция стержней должна обеспечивать минимальную их деформацию при сушке (их уменьшение ведет к усложнению конструкции ящика). Следует избегать склейки отдельных частей стержня (снижается разрядная точность). Необходимо собирать их в блоки (предварительно).

Существенную роль в получении качественных отливок играют правильное определение границ стержней и стержневых знаков.

Стержни должны иметь необходимую прочность при транспортировке и установке в форму, надежную посадку и легко выполняемую вентиляцию, не слишком большую высоту во избежание возможного оседания под действием собственного веса, плоскую поверхность, на которой стержень будет лежать во время сушки.

Поверхность разъема стержня должна быть выбрана так, чтобы стержневые ящики имели простую конфигурацию и состояли из возможно меньшего числа частей, чтобы в ящиках было удобно уплотнять смесь, а также устанавливать каркасы и холодильники.

Следует избегать стержней, подвешенных в верхней части формы, такие стержни, по мере возможности, надо заменять опирающимися на форму расширенными знаками.

Для изготовления крупных стержней, транспортируемых краном, нужно стремиться избегать операцию кантовки стержня.

При изготовлении стержней на встряхивающих, прессовых машинах и пескометах, а также при ручном уплотнении отверстия в стержневом ящике со стороны набивки следует делать как можно большими.

Порядок установки стержней в форму должен совпадать с их нумерацией.

Следует избегать простановки стержней в гнезда, выполненные в другом стержне, и установки нескольких стержней в одном гнезде, если избежать этого не удастся, надо предусмотреть шаблоны для контроля правильности установки стержней в форме.

Знаки стержней. Это части стержня, которыми он укрепляется в форме. От знаковой части стержня зависит удобство и надежность установки стержня, возможность выхода из него газов, точность изготовления отливки.

При определении конструкции знаков устанавливают их размеры, уклоны, зазоры.

Для предупреждения поворота или сдвига стержня при заливке должны быть предусмотрены фиксаторы.

В зависимости от расположения стержня различают горизонтальные и вертикальные знаки. Размеры знаков регламентирует ГОСТ 3212-92.

Знаки горизонтальных стержней. Стержень в форме может устанавливаться на двух опорах, по плоскости разъема формы, консольно, с нижним опорным знаком.

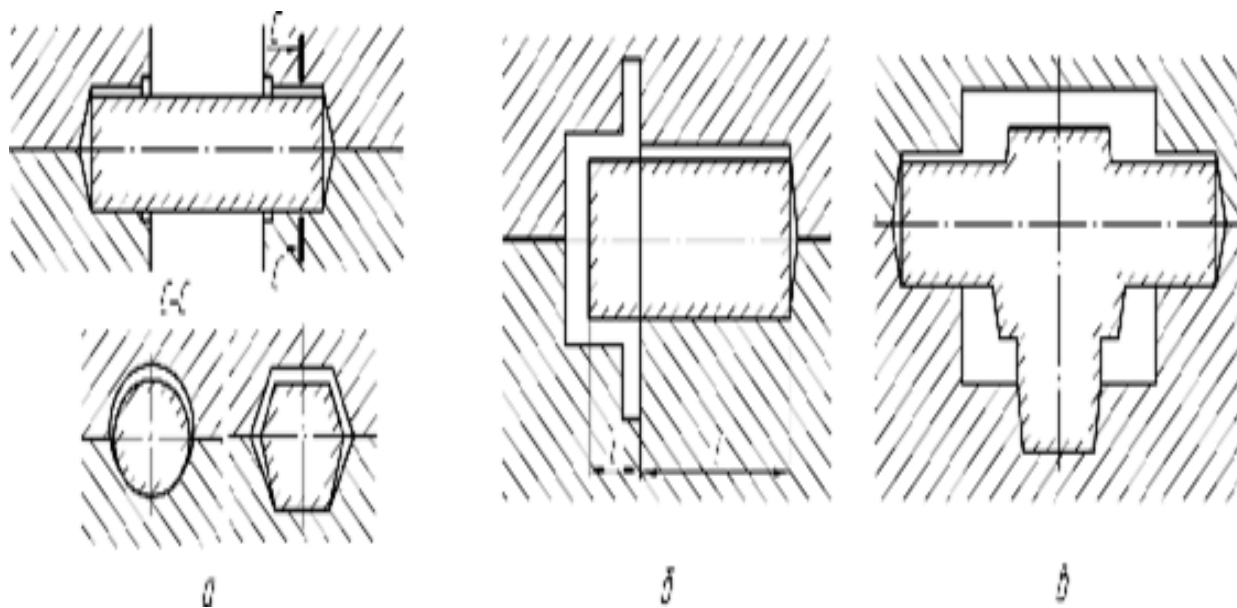


Рисунок 133. . Пример установки стержней (по плоскости разъема формы)

Размеры знаков стержней имеют большое значение. При слишком малом знаке может произойти обмятие формы и искажение размеров отливки под действием веса стержня. При больших размерах знака сильно увеличивается размер формы.

Определение размера стержневого знака производится исходя из прочности формовочной смеси. Допустимое удельное давление на формовочную смесь при сырой формовке принимается обычно равным 0,025 МПа от веса стержня и 0,05 МПа от усилия всплывания. Для сухих форм удельное давление применяется равным

0,25 МПа от веса стержня 0,5 МПа от усилия всплывания. Горизонтальные стержневые знаки выполняются без всякой конусности, одного диаметра со стержнем. Для того чтобы торец стержня не задирает форму, знак на модели делают или выпуклым или коническим, с уклоном 3-10°. Знаки односторонне закрепленных стержней (консольных) должны иметь такие размеры, при которых предотвращается опрокидывание стержня при установке в форму и выворачивание его жидким металлом при заливке формы. Консольное закрепление стержней можно применять в тех случаях, когда свешивающаяся часть стержня (L) не превосходит $1,2D$ диаметра. При большем соотношении ($L:D$) необходима дополнительная опора для выступающей части. Ширина знаков консольных стержней назначается в соответствии с шириной выходного отверстия отливки, выполняемого данным стержнем. Длина знака выбирается исходя из условий устойчивости стержня в форме. Знаки вертикальных стержней. Вертикальные стержни устанавливаются в форму с двухсторонним или с односторонним закреплением.

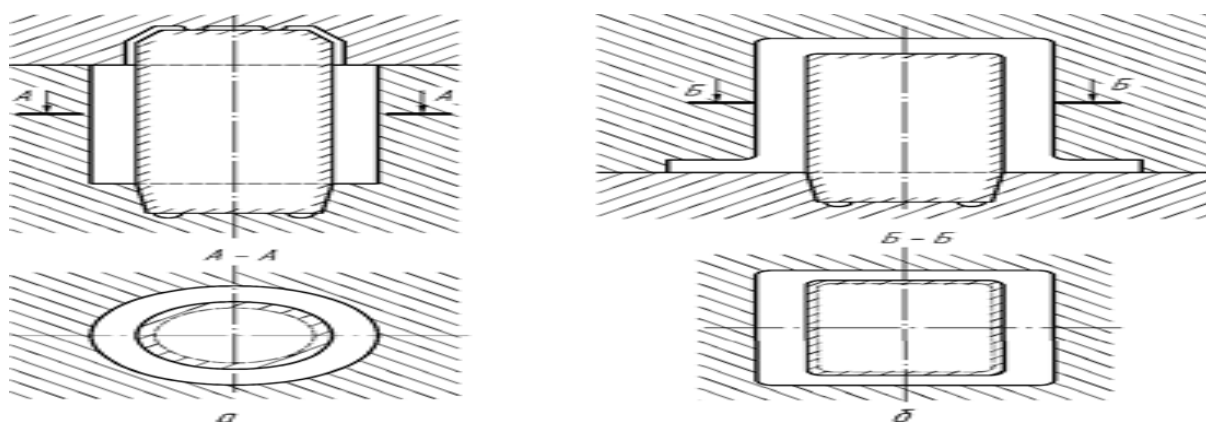


Рисунок 134. . Схемы установки вертикальных стержней:

a – с двухсторонним закреплением; b – с односторонним закреплением

В зависимости от соотношения высоты стержня (H) к диаметру нижнего знака (d_n), вертикальные стержни делятся на устойчивые и неустойчивые.

Устойчивыми стержнями являются стержни, у которых $H / d_n < 1$. Если

$H / d_n > 1$ стержень не устойчив.

Технологические элементы знаковых частей стержня. Стержень, установленный в форму, имеет возможность переместиться в направлении вдоль оси знака или вокруг его. И в том и в другом случае перемещение стержня может вызвать изменение размеров отливки.

Для предотвращения смещения стержней на их знаках предусматриваются специальные устройства фиксирующие стержень в строго определенном положении. Эти устройства называются замками (фиксаторами).

В группе горизонтальных фиксаторов наиболее распространены фиксаторы типа «А». В группе фиксаторов вертикальных стержней наиболее широко используются фиксаторы типа «Б».

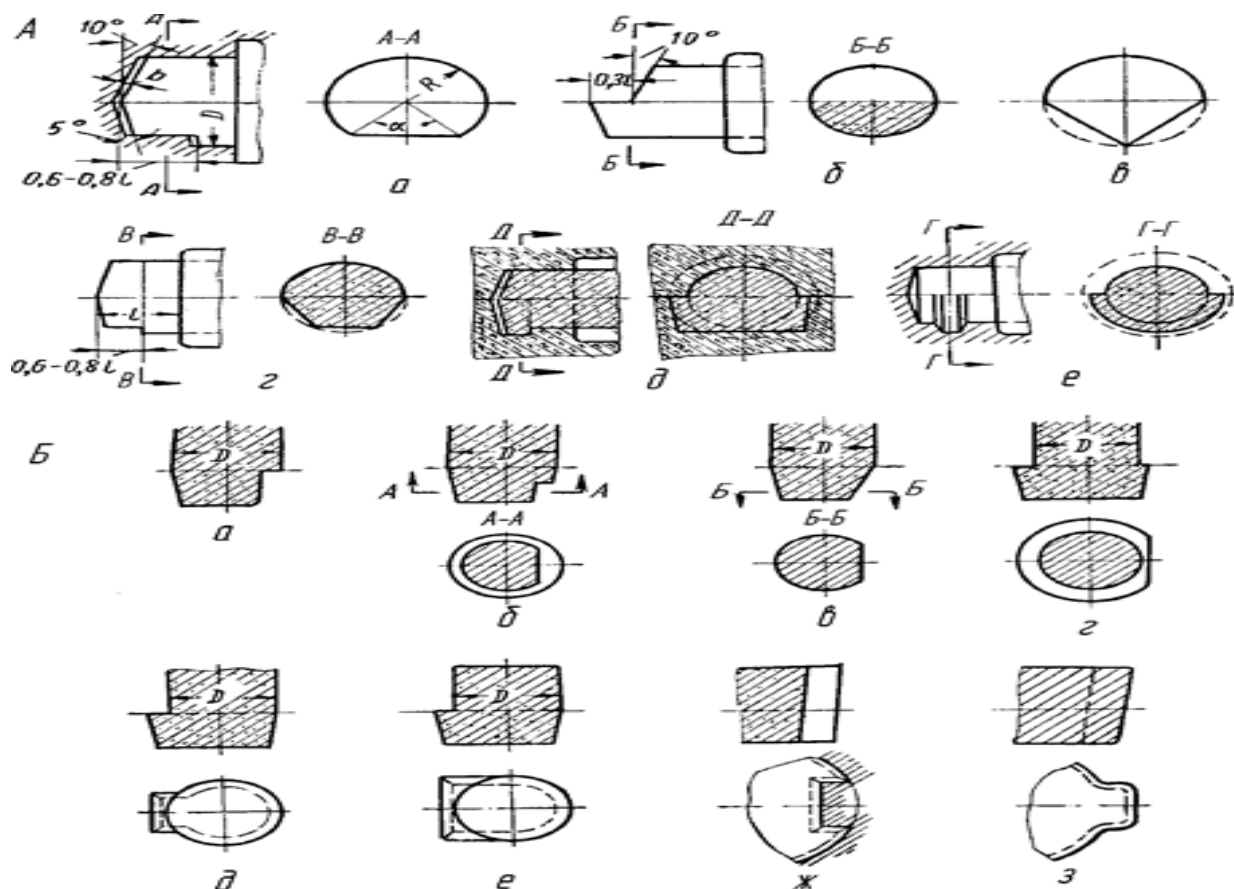


Рисунок 135. Основные типы фиксаторов:

A – горизонтальные: *a* – круглый со срезом; *б* – круглый с верхним срезом; *в* – с двумя срезами; *г* – фигурный; *д, е* – устойчивый против перемещения вдоль оси знаков; *Б* – вертикальные: *a, б* – круглый со срезом; *в* – круглый с коротким срезом; *г* – уширенный с плоским срезом; *д, е, з* – выступающие фиксаторы; *ж* – круглый с вырезами

Уклоны и зазоры в знаковых частях. Для облегчения установки стержней в форму и ликвидации смещения делаются уклоны с зазорами между сопрягаемыми стенками формы и стержня, величина которых зависит от способа формовки, высоты стенки и материала модели. Уклоны нижних и верхних знаков моделей и стержневых ящиков, необходимые для правильной установки стержней в форму и накрытия верхней полуформой. При изготовлении или после ремонта оснастки необходимо проверить знаки на смятие опорной поверхности с учетом силы давления заливаемого металла (всплытия). Допустимая сила смятия сырых форм примерно равна 0,025 МПа.

Уклоны знаков моделей и стержневых ящиков по ГОСТ 3212-92

Для установки стержня в форму необходимо предусматривать зазоры, зависящие от размеров стержней и способов изготовления.

Зазоры на сторону между знаком формы и стержня при формовке по-сырому, мм по ГОСТ 3212-92

Для точной фиксации стержней в форме необходимо правильное выполнение

зазоров между знаком формы и стержня. На рис. 147 представлена схема постановки стержней в форму с буквенным отображением допусков. В табл. 63 и 64 представлены фактические зазоры на сторону между знаком формы и стержня при формовке по-сырому и посухому

Зазоры для стержней, имеющих два или более вертикальных знака, при необходимости можно увеличить до 1,5S1. При использовании на знаках сырых форм противообжимных поясков, зазор S2 не назначается

Примечание. Зазоры для стержней, имеющих два или более вертикальных знака, при необходимости можно увеличить до 1,5S1. При использовании на знаках сырых форм противообжимных поясков, зазор S2 не назначается

Для стержней, симметричных по отношению своей горизонтальной оси, уклоны нижних и верхних знаков могут выполняться одинаковыми.

Во время установки стержня в форму земля, попадающая в знаковую часть, собирается в этой канавке и не отражается на правильности установки стержня.

Через верхний знак вертикальных стержней наиболее часто осуществляется вывод газов из стержня. Поэтому важно, чтобы верхний знак при заливке не заливался металлом, для этого на торце знака модели делается кольцевое углубление. При формовке и углубления знака образуется выступающий земляной поясok. При сборке формы этот поясok плотно обжимается по торцу знака стержня, не допуская.

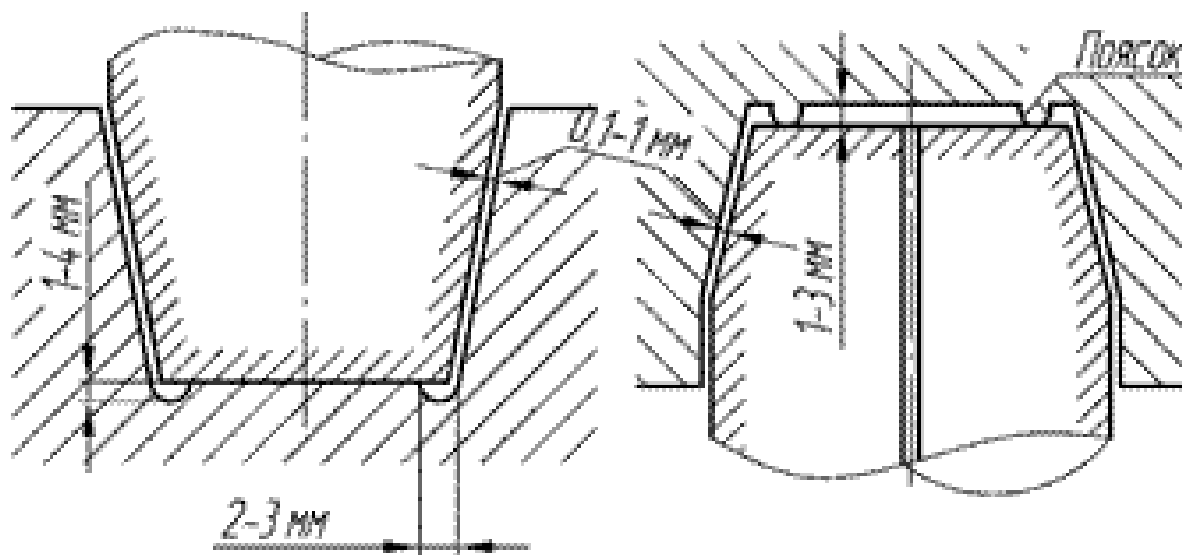


Рисунок 138. Технологические устройства на знаках вертикальных стержней:

a – нижний знак; *б* – верхний знак

Предохранение горизонтальных знаков от заливов осуществляется устройством запорных выступов (*a*), прокладкой глиняных жгутов (*б*) и засыпкой песком (*в*)

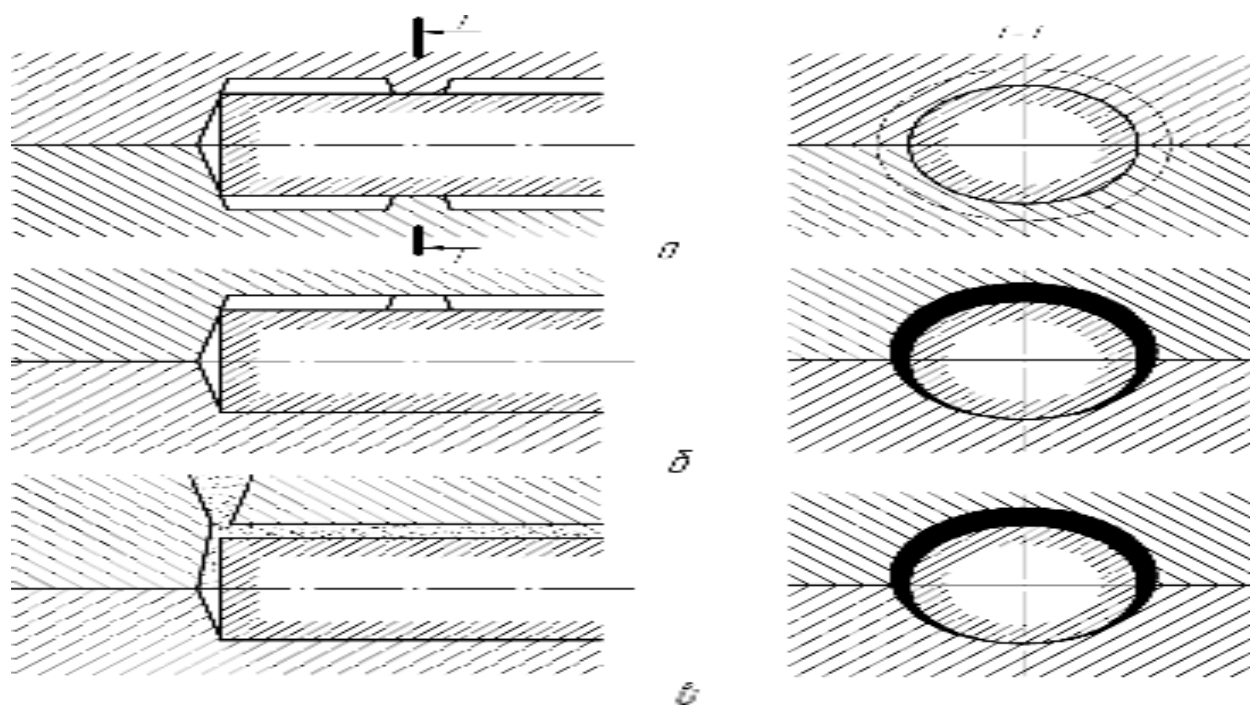


Рисунок 139. Предохранительные устройства от заливов на знаках горизонтальных стержней.

Тема : Технические условия на изготовление модельного комплекта. Выбор жеребейки

Таблица 34. Требования к материалу, процессам изготовления модельного комплекта и его элементов в зависимости от их класса прочности, а также последовательность выполнения операций

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности		
	1	2	3
1. Выбор пиломатериалов	Лиственные (ясень, бук и другие твердые породы) по ГОСТ 2695 и сосна по ГОСТ 8486 1-го и 2-го сортов. Допускается ель 1-го и 2-го сортов по ГОСТ 8486.		Те же породы древесины, что для 1-го и 2-го классов прочности, 3-го сорта
	Для быстроизнашивающихся частей - твердые лиственные породы по ГОСТ 2695, древесный слоистый пластик ДСП-Б и ДСП-В по ГОСТ 13913		
	Фанера А/АВ и АВ/В сортов по ГОСТ 9624		
2. Сушка пиломатериалов и выдержка после сушки	Атмосферная сушка лиственных пород по ГОСТ 7319, хвойных - по ГОСТ 3808.1.		
	Сушка в камерах периодического действия - по ГОСТ 19773.		
	Выдержка пиломатериалов после сушки в цехе (участке), сут, не менее:		
	5		3
	Содержание влаги в пиломатериалах после сушки - не более 12 %		
3. Склеивание древесных материалов	Точная пригонка склеиваемых поверхностей.		
	При склеивании заготовок по кромкам годичные кольца досок должны быть направлены в противоположные стороны, а при склеивании на пласти - в одну.		
	Ширина склеиваемых продольных поверхностей (пласти), мм, не более:		
	110	130	150
	Для склеивания заготовок (деталей, элементов и узлов) модельного комплекта следует применять поливинилацетатную дисперсию по ГОСТ 18992, казеиновый клей марок В-105, В-107 по ГОСТ 3056, костный клей 1-го сорта по ГОСТ 2067 и другие материалы, обеспечивающие предел прочности на скалывание склеиваемых частей не менее 78 МПа (80 кгс/см ²)		
4. Сборка заготовок			
4.1. Коробчатые	В шип на клею, встык нагелями на клею с дополнительным креплением шурупами, нагелями и гвоздями	Встык нагелями на клею с дополнительным креплением шурупами, гвоздями	
		Соединение в шип при необходимости	
	Дополнительное упрочнение глухих углов коробок стержневых ящиков		

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности					
	1		2		3	
	допускается производить стяжными болтами. Углы заготовок необходимо упрочнять брусками и шпонками, шипы - расклинивать					
4.2. Рамные	Переклейка не менее трех слоев с дополнительными креплениями углов нагелями, шурупами или гвоздями			Из брусьев в шип или внахлестку на клею с дополнительным креплением углов гвоздями		
	Дополнительно упрочнять глухие углы коробок стержневых ящиков следует стяжными болтами					
	Расстояние между внутренними перегородками в коробчатых и рамных заготовках, мм, не более:					
	600			900		
4.3. Кольцевые и дисковые	Склейка послойно (не менее трех слоев) из косяков, сегментов и секторов с дополнительными креплениями нагелями и гвоздями					
5. Сборка каркасов моделей и стержневых ящиков из заготовок	Соединение отдельных коробок и рам, мест установки подъемов и цапф при помощи дополнительного упрочнения каркаса брусками, стойками с применением металлических подкладок, прокладок, стяжек. Крепление рамок между собой и по углам каркасов стержневых ящиков болтами с предварительной посадкой на клей.					
	Расстояния между внутренними рамками-перегородками, мм, не более:					
	600			900		
6. Обшивка формообразующих поверхностей модельных комплектов, не подлежащих покрытию металлом, пластиком и другими материалами	На вертикальных поверхностях направление волокон древесины должно совпадать с направлением извлечения модели из формы					
	Наибольшая ширина заготовок, мм					
	прямолинейных	круглых	прямолинейных	круглых	прямолинейных	круглых
	110	100	130	110	150	110
	Толщина заготовок, мм, не менее:					
	40			32		
	На формообразующей стороне модели шляпки гвоздей, головки шурупов должны быть утоплены. Пространство над головками шурупов следует зашпатлевать или заделать деревянными пробками на клею					
7. Сборка моделей и стержневых ящиков из составных неотъемных частей						
7.1. Крупные выступающие части (знаки, патрубки, фланцы, приливы и др.)	Крепление с каркасом модели (стержневого ящика) нагелями на клею, болтами, шурупами и гвоздями с предварительной посадкой на клею.					
	На стенках стержневых ящиков должны быть установлены бруски жесткости против коробления с шагом 400 - 500 мм					

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности		
	1	2	3
7.2. Мелкие формообразующие части (ребра, бобышки, пластики и др.)	Крепление нагелями на клею, болтами, шурупами с предварительной посадкой на клею		Крепление гвоздями с предварительной посадкой на клею
8. Изготовление и фиксирование отъемных частей	Материал отъемных частей		
	Твердые породы дерева, металл, пластмасса, древесный слоистый пластик марок, указанных в п. 1		Древесина любой породы
	-	Для единичного производства допускается древесина любой породы	-
	Цилиндрические или прямоугольные углубления, превышающие ширину или диаметр следует выполнять отъемными частями.		
	В модельных комплектах отъемные части должны тщательно пригоняться, фиксироваться, легко выниматься и иметь зазор:		
	- в крупных и средних моделях и стержневых ящиках (средние от 500 до 1500 мм, крупные - свыше 1500 мм) - не более 1 мм;		
	- в мелких (до 500 мм) - не более 0,5 мм		
	Фиксирование отъемных частей металлическими вставками дюбелями по ГОСТ 22325, ГОСТ 22326, косым шипом типа «ласточкин хвост»		Фиксирование отъемных частей деревянным косым шипом типа «ласточкин хвост», металлическими или деревянными дюбелями
	При длине отъемной части 600 - 700 мм следует выполнять не менее двух посадочных мест.		
	Отъемные части длиной свыше 700 мм необходимо делить на части, зазор между отрезками - не более 1 мм		
	Стержневые ящики для смесей, твердеющих в контакте с оснасткой, следует выполнять следующим образом:		
	- ребра, при необходимости делать отъемными; - ребра, стенки карманов и углублений, при необходимости, делать отъемными; - если указанные элементы выполняются неотъемными, формовочные уклоны следует выполнять по ГОСТ 3212, табл. 3.		

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности		
	1	2	3
	Отъемные части в местах соединения с моделью и другими примыкающими к ним отъемными частями следует выполнять с уклоном 10° - 20°		
9. Выполнение галтелей (для исключения на формообразующих поверхностях острых углов)	За счет основного тела модели и стержневого ящика, а также врезкой планок из дерева или пластмассы	Врезкой или вклейкой планок из дерева или пластмассы	Вклейкой деревянных планок
		Для смесей, твердеющих в контакте с оснасткой	
9.1. На моделях и стержневых ящиках	Радиус скругления должен составлять не более половины припуска на механическую обработку отливки (ГОСТ 26645, табл. 6), кроме мест, особо оговоренных на чертеже		
9.2. Со стороны заполнения стержневого ящика смесью	Накладными планками	Накладными планками и шаблонами	
	Накладными планками для смесей, твердеющих в контакте с оснасткой		
	Допускается выполнять радиусы галтелей на моделях и стержневых ящиках шпатлевкой, обеспечивающей необходимую прочность.		
	На основных формообразующих поверхностях радиус галтели, выполненный шпатлевкой, должен быть, мм, не более:		
	3	8	10
10. Конструкция стержневых ящиков	Разъемные, неразъемные, вытряхные		
	-	-	блочные (из унифицированных элементов)
11. Крепление и соединение разъемных моделей и стержневых ящиков			
11.1. Крепление разъемных стержневых ящиков	Скобовыми креплениями, стяжками клиновыми и винтовыми, а также угольниками по ГОСТ 22327 - ГОСТ 22330		
	-	-	Допускаются клиновые стяжки и скобы
	На крупногабаритных ящиках следует устанавливать несколько рядов креплений и сквозные стяжные болты, исключаяющие прогиб стенок ящика. Расстояние между крепежными приспособлениями - не более 500 мм, а между стяжными болтами - не более 800 мм		
11.2. Соединение разъемных моделей и стержневых ящиков	На металлические втулки и дюбели по ГОСТ 22325, ГОСТ 22326		
	-	-	Допускается соединение на

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности			
	1		2	3
			деревянные дюбели	
	Смещение одной половины модели и стержневого ящика относительно другой должно быть, мм, не более:			
	0,3 - при габаритных размерах до 500;			
	0,5 - при габаритных размерах до 1500;			
	0,8 - при габаритных размерах св. 1500			
12. Выполнение плоскости разъема моделей не смонтированных на модельных плитах	Обшивка досками			Обшивка не обязательна
	На поверхности модели со стороны разъема необходимо наносить риски, указывающие положение центров и толщины стенок литой детали			
13. Армирование плоскостей набивки и быстроизнашивающихся частей стержневых ящиков и формовочных шаблонов	Кромки стержневых ящиков и формовочных шаблонов окантовывать:			
	пластинами из полосовой стали, мм:		твердыми породами дерева, пластмассовыми пластинами или так же, как для 1-го класса	армировать при необходимости
	длина	толщина		
	до 400	до 2		
	св. 400	2 - 3		
	Ширина окантовки - не более 40 мм.			
	Крепление пластин шурупами.			
На поверхности стержневого ящика со стороны разъема необходимо наносить риски, указывающие положение базовых осей разметки				
14. Изготовление приспособлений для извлечения и транспортирования модельного комплекта	Приспособления следует выполнять на всех частях модельного комплекта массой более 10 кг. Для моделей и отъемных частей следует применять подъемы по ГОСТ 22331 - ГОСТ 22333, деревянные рукоятки, перекладины, планки и другие устройства.			
	Подъемы на основных формообразующих поверхностях следует выполнять врезкой пластин заподлицо, на знаковых - без врезки; крепление пластин шурупами или болтами, обеспечивающими возможность заведения крюка.			
	В случае применения моделей для смесей, твердеющих в контакте с оснасткой, подъемы следует выполнять врезкой заподлицо на всех поверхностях.			
	На стержневом ящике, масса которого с уплотненным стержнем превышает 10 кг, следует устанавливать цапфы по ГОСТ 22334, деревянные ручки, шпонки, крючки и др.			

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности		
	1	2	3
	Приспособления для транспортирования грузоподъемными кранами следует устанавливать на силовых элементах модельного комплекта - каркасах. Количество, тип, грузоподъемность приспособлений для извлечения модельных комплектов указывают в технологической документации		
15. Отделка поверхности	Формообразующие поверхности модельных комплектов должны быть тщательно обработаны, не иметь задиrow и углублений. Параметр шероховатости поверхности по ГОСТ 7016, не более: 160 мкм - для формообразующих поверхностей; отъемных частей и плоскостей разъема стержневых ящиков; 320 мкм - для поверхности набивки стержневого ящика; 800 мкм - для остальных поверхностей		
16. Покрытие поверхности грунтовкой	В качестве грунтовки следует применять натуральную олифу по ГОСТ 7931, олифу оксоль по ГОСТ 190, а также грунт по НТД. В случае применения смесей, твердеющих в контакте с оснасткой, поверхность следует грунтовать эмалями НЦ-25 по ГОСТ 5406, ГОСТ 7313, эмалями ЭП-773 по ГОСТ 23143 или НЦ-5123 по ГОСТ 7462. Допускаются другие материалы, грунтовки, обеспечивающие качество поверхности		
17. Шпатлевание поверхности	Формообразующие поверхности следует шпатлевать по ГОСТ 10277 с последующей зачисткой		
	после грунтовки и первого окрашивания		после грунтовки
18. Окрашивание поверхности	Окрашивать формообразующие поверхности не менее:		
	двух раз		одного раза
	В качестве лакокрасочных покрытий следует использовать эмали НЦ-132 по ГОСТ 6631, НЦ-25 по ГОСТ 5406, ХВ-785 и лак ХВ-784 по ГОСТ 7313. Модельные комплекты для смесей, твердеющих в контакте с оснасткой, следует окрашивать эмалью ЭП-773 по ГОСТ 23143, НЦ-5123 по ГОСТ 7462. Допускаются другие материалы, обеспечивающие необходимое качество поверхности Устанавливаются следующие цвета основного фона окраски: - красный - для модельного комплекта, предназначенного для изготовления отливок из чугуна с пластинчатым графитом;		

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности		
	1	2	3
	- лиловый - то же, для изготовления отливок с шаровидным графитом; - серый - то же, для изготовления отливок из стали; допускается синий; - желтый - то же, для изготовления отливок из цветных сплавов (тяжелых металлов); - зеленый - то же, для изготовления отливок из цветных сплавов (легких металлов). В эти же цвета необходимо окрашивать поверхности, соответствующие поверхностям отливок без механической обработки Поверхности модельных комплектов, соответствующие обрабатываемым поверхностям отливок, а также образующие углубления в литейной форме, подлежащие заделке, окрашиваются наклонными черными полосами по основному фону. Поверхности сопряжения моделей и стержневых ящиков с их отъемными частями окантовываются черной полосой по основному фону. Поверхности стержневых знаков и «фальшивых» модельных плит следует окрашивать в черный цвет Допускается нанесение на поверхности модельных комплектов дополнительных обозначений, обусловленных требованиями заказчика и технологического процесса, и оговоренных в технической документации. Поверхности модельных комплектов после окончательной отделки и окрашивания должны соответствовать классу покрытия V по ГОСТ 9.032		
19. Маркировка модельных комплектов	Модели 1. Номер отливки, для изготовления которой предназначена модель, соответствует шифру, обозначенному на чертеже детали или отливки. 2. Порядковый номер модельного комплекта - шифр «К» с расположенным за ним числом, показывающим порядковый номер модельного комплекта. 3. Количество стержневых ящиков в модельном комплекте - шифр «Я» с расположенным за ним числом, показывающим количество стержневых ящиков. 4. Количество отдельных и отъемных частей моделей - шифр «ОЧМ» с расположенным за ним числом, показывающим количество отдельных и отъемных частей модели.		

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности		
	1	2	3
	5. Количество шаблонов - шифр «Ш» с расположенным за ним числом, показывающим количество шаблонов.		
	6. Количество прибылей и выпоров, изготавливаемых отдельно от основного тела модели, - шифр «ПВ» с расположенным за ним числом, показывающим количество прибылей и выпоров.		
	7. Количество элементов литниковой системы, изготавливаемых отдельно от основного тела модели, - шифр «Л» с расположенным за ним числом, показывающим количество элементов литниковой системы.		
	Пример маркировки модели, предназначенной для изготовления отливки Б-3410, второго модельного комплекта с пятью стержневыми ящиками, двумя отъемными частями, одним шаблоном, тремя выпорами, шестью элементами литниковой системы:		
	Б-3410;		
	К2-Я5;		
	ОЧМ2-Ш1-ПВ3-Л6		
	Стержневые ящики		
	1. Номер отливки, для изготовления которой предназначен стержневой ящик, соответствует шифру, обозначенному на чертеже отливки.		
	2. Порядковый номер модельного комплекта - шифр «К» с расположенным за ним числом, показывающим порядковый номер модельного комплекта.		
	3. Порядковый номер стержневого ящика - шифр «Я№» с расположенным за ним числом, показывающим порядковый номер стержневого ящика.		
	4. Порядковые номера стержней, изготавливаемых по одному стержневому ящику с применением разных вкладышей, - шифр «Ст» с расположенными за ним числами, показывающими номера стержней.		
	5. Количество отъемных и вставных частей стержневого ящика - шифр «ОЧС» с расположенным за ним числом, показывающим количество отъемных частей стержневого ящика.		
	6. Количество шаблонов - шифр «Ш» с расположенным за ним числом,		

Последовательность выполнения операции	Требования к модельному комплекту по классам прочности		
	1	2	3
	показывающим количество шаблонов. Пример маркировки стержневого ящика, предназначенного для изготовления стержня к отливке детали Б-3410 второго модельного комплекта, ящика № 4 для стержней № 4а, 4б с шестью отъемными и вставными частями и с одним шаблоном: Б-3410; К2-Я № 4 - Ст № 4а, 4б; ОЧС6-Ш1 Маркировка выполняется на наружных поверхностях, соответствующих необрабатываемым поверхностям отливок, наносится краской, контрастно отличающейся по цвету от основного фона, врезкой литых знаков, набивкой штампованных знаков высотой не менее 5 мм		

- Формовочные уклоны, стержневые знаки - по ГОСТ 3212. Предельные отклонения линейных и угловых размеров в пересчете на линейные формообразующие поверхности модельных комплектов - по ГОСТ 3212.
- При изготовлении модельных комплектов следует соблюдать требования безопасности по ГОСТ 12.2.026.0, ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.3.005, ГОСТ 12.3.042.

В настоящее время, в жёстких условиях современного рынка, перед литейной промышленностью стоит задача производства более сложных и в то же время более легких отливок. Соответственно, используемые стержни стали более сложными по форме, более тонкими и часто более длинными. Это вызывает их более заметную деформацию в процессе заливки, которая может даже приводить к разрушению некоторых из них. С целью устранения данной проблемы используют множество связок и укрепляют стержни подходящими жеребейками, сделанными из железа или иного подходящего материала. Наилучшие результаты достигаются при использовании поддерживающих жеребеек для стержней, которые при правильном использовании позволяют получать отливки сложной формы. При этом они гарантируют требуемые допуски и снижают риск литейных дефектов (брака). При наличии определённого опыта и после нескольких проб практически всегда можно правильно выбрать и установить жеребейки для поддержки стержней.

Существуют многочисленные факторы, оказывающие влияние на достижение требуемого результата при получении отливки, и, как правило, эти факторы меняются от одной отливки к другой. Поэтому, мы проводим анализ разнообразных факторов, влияющих на результат литья, и предоставляем большое количество информации, которую следует принимать во внимание при работе с жеребейками. В последние несколько лет развитие технологии производства жеребеек привело к формированию в индустрии новых соответствующих требований к отливкам, которые, например, включают высокую герметичность. По этой причине нашей целью является предоставление потребителю обширной информации о типах жеребеек, доступных для использования в литейной промышленности, а также инструкций по их правильному использованию.

Материал

Наш опыт показывает, что нелегированная низкоуглеродистая сталь ($C \leq 0,15\%$) является наиболее подходящим материалом для изготовления жеребеек, как для производства чугунных, так и стальных отливок. Жеребейка должна хорошо свариться с материалом отливки, сплавившись в единое тело, что гарантирует высокую герметичность и позволяет избежать нежелательных пузырей и газовых раковин на поверхности контакта.

В то же время жеребейка должна выполнять свою поддерживающую функцию как можно дольше, по крайней мере до прекращения действия нагрузки, которой она сопротивляется.

Мягкие стали с низким содержанием углерода идеально подходят для этой роли, поскольку они плавятся при более высоких температурах, нежели все другие железоуглеродистые сплавы. По этой причине такие стали подходят даже для длительной работы при высоких температурах в условиях умеренных нагрузок. В процессе заливки жидкий металл достигает поверхности жеребейки и немедленно нагревает её. При этом, за счёт диффузии, поверхность жеребейки насыщается углеродом, содержащимся в большей концентрации в расплавленном чугуне или стали. В результате обогащенная углеродом поверхность жеребейки имеет более низкую температуру плавления, что благоприятно сказывается на процессе её сплавления с материалом отливки.

В то же время сердцевина жеребейки сохраняет низкое содержание углерода, что обеспечивает её прочность и сопротивляемость нагрузке. Важно помнить, что температуру заливки следует подбирать очень тщательно и поддерживать настолько стабильной,

насколько это возможно. Слишком низкая температура ухудшает качество сваривания жеребейки с материалом отливки, в то время как слишком высокая температура может снизить прочность.

С учётом сказанного, все наши жеребейки изготовлены из нарезанной ленты или проволоки из нелегированной стали с низким содержанием углерода ($C \leq 0,10\%$).

Покрытие

Важно подчеркнуть, что во время процесса сплавления жеребейки необходимо избежать попадания в зону сплавления окисных или иных посторонних частиц, поскольку они неизбежно приведут к возникновению пузырей и газовых раковин. Следовательно, использовать жеребейки можно лишь в том случае, если они промыты, высушены и свободны от ржавчины.

Однако задача избежать естественного окисления железа является весьма трудной, особенно если учесть, что множество факторов, таких как хранение во влажных условиях или просто контакт с жирными руками, ускоряют окисление.

В настоящее время олово считается наиболее подходящим материалом для покрытия жеребеек благодаря своей низкой температуре плавления (около 230 °C) и высокой температуре кипения (около 2600 °C). Благодаря этим свойствам олово отлично формирует диффузионную зону, но при этом не образует газовых пузырей. Граница между жеребейкой и отливкой значительно улучшается и упрочняется благодаря присутствию олова, которое обеспечивает надежное сплавление, диффундируя либо внутрь жеребейки, либо в тело отливки.

Слой олова должен быть свободен от посторонних частиц. Даже мельчайшие включения посторонних металлов, например свинца, могут вызвать проблемы при сплавлении в производстве отливок, требующих высокую герметичность. Следовательно, с целью не допустить ухудшения свариваемости, слой олова должен быть максимально чистым. Мы гарантируем, что покрытие наших жеребеек содержит 99,9% олова.

Толщина оловянного покрытия также тщательно контролируется и гарантируется. Слишком толстый слой может вызвать пористую грубую поверхность, которая может отслаиваться от жеребейки. Пористая поверхность может абсорбировать влагу и взвешенные в воздухе примеси, создавая тем самым неблагоприятные условия для

сваривания. С другой стороны, слишком тонкий слой не сможет обеспечить адекватную защиту от окисления. На основе нашего опыта мы гарантируем идеальную толщину покрытия в диапазоне от 5 до 8 мкм, тщательно контролируруемую нашими инженерами. Это позволяет нанести слой, обеспечивающий надежную защиту жеребейки без ухудшения способности к свариванию.

Форма жеребейки

Цель настоящего раздела – представить разные типы жеребеек, применяемых в настоящее время, а также их основные области применения с целью дать основу для правильного выбора. Вообще говоря, встречается множество типов и форм жеребеек, отличающихся от тех, которые мы представляем в данном каталоге. Это связано с их изготовлением по индивидуальным заказам клиентов, что часто встречается в литейной промышленности.

В связи с этим в нашей компании существует отдел, занимающийся планированием и модернизацией оборудования, целью которого является удовлетворение всех возможных потребностей литейных производств.

Жеребейки с 2-мя пластинами и 1-й ножкой

Это наиболее распространённый тип жеребеек, самый простой в использовании. Такие жеребейки состоят из двух круглых или квадратных пластин, приклёпанных или приваренных к концам рифлёной ножки

Ножка жеребейки

Функциями ножки жеребейки являются:

- выдерживать приложенную нагрузку;
- не препятствовать потоку жидкого металла;
- сплавляться с телом отливки без образования пузырей и газовых раковин.

Жеребейки работают в среде постоянного потока расплавленного металла при очень высокой температуре. Их ролью является обеспечение устойчивости отливки до

прекращения действия нагрузки, которой они противостоят. После этого необходимо, чтобы жеребейки хорошо сварились с металлом отливки, не оставив никакого заметного следа.

При оценке сил, действующих на ножку жеребейки, нужно учитывать, кроме всего прочего, расположение ножки внутри отливки, делящее их на две большие группы: жеребейки, расположенные в качестве опоры под стержнем, и те, которые расположены над ним. Жеребейки, расположенные под стержнем, должны выдерживать напряжение, вызываемое весом стержня. Это напряжение, как правило, прекращает свое действие, когда расплавленный металл заливает примерно четверть стержня, поскольку в этот момент статическое давление расплава уравнивает вес стержня. Таким образом, такие жеребейки испытывают нагрузку в течение короткого времени.

Несмотря на то, что нагрузка исчезает через сравнительно короткое время, условия работы этих жеребеек всё ещё остаются довольно тяжёлыми, поскольку они остаются в потоке жидкого металла ещё долго, особенно в случае питания отливки снизу. В этом случае жеребейки, расположенные под стержнем, находятся в контакте с потоком металла вплоть до окончания заливки, и их ножки омываются проходящей массой жидкого металла.

Напротив, жеребейки, расположенные над стержнем, должны выдерживать металлостатическое давление, приложенное к стержню массой расплавленного металла. В случае чугуна эта нагрузка примерно в 4 раза больше чем вес стержня и она сохраняется до момента начала затвердевания. Хотя эти жеребейки не подвергаются воздействию постоянного потока расплавленного металла, они всё же работают в критических условиях, поскольку выдерживаемое ими давление в 4 раза больше, чем у жеребеек, установленных под стержнем.

Таким образом, размер ножек жеребеек должен выбираться тщательно. Следует понимать, что использование слишком толстых ножек, хотя очевидно и решит проблему устойчивости отливки, может вызвать излишнее захлаживание и, следовательно, неполное сваривание и недостаточную герметичность отливки.

Ножки с накаткой (рифлёные)

В связи с герметичностью отливок значительно увеличение свариваемости ножки может быть получено при нанесении накатки. Накатка наносится на ножку в радиальном направлении. Наилучший профиль накатки, способствующий свариванию ножки, - с

острыми кромками, так как он облегчает сваривание с отливкой путём сплавления. Поскольку рифление приводит к некоторому уменьшению устойчивости ножки за счёт увеличения площади контакта, рекомендуется всегда немного увеличивать толщину рифлёной ножки

Пластины

Назначение пластин – передавать нагрузку от стержня к жеребейке и от жеребейки к опоре. Поэтому важно, чтобы пластины были надёжно соединены с ножкой для обеспечения общей устойчивости жеребейки. Кроме того, пластины не должны вдавливаясь в формовочную смесь под действием нагрузки. Если это происходит, может появиться неоднородность в толщине стенки, а поверхность отливки будет неровной.

Поэтому при выборе размеров пластин следует учитывать компрессионную прочность стержня, а главное песчаной формы, поскольку обычно она ниже. Чем больше площадь пластин, тем меньше давление, приложенное к стержню и к опоре. Размер пластин выбирается с учётом давления, имеющегося пространства, а также необходимости добиться хорошей свариваемости пластин и остальных частей жеребейки с материалом отливки.

Так же как и в случае ножек, круглая форма пластин предпочтительна. При выборе жеребейки следует иметь в виду, что пластины одной жеребейки могут иметь разные размеры: пластина, опирающаяся на песок, может быть больше, чем пластина, находящаяся в контакте со стержнем – в соответствии прочностями двух разных материалов.

Перфорация

Пластины всегда предпочтительно перфорировать, поскольку это облегчает отвод потенциально возможных газов, которые могут скапливаться под пластиной. Кроме того, перфорированные пластины легче и, следовательно, в меньшей степени охлаждают окружающий металл, облегчая свариваемость.

Жеребейки с промежуточными пластинами (Жеребейки с тремя пластинами)

Такие жеребейки в основном используются для изготовления герметичных отливок, таких как автомобильные отливки, элементы гидравлического оборудования, насосы, котлы и т.д. Третья пластина, очень тонкая, зубчатая, гладкая, приваривается точно посередине высоты ножки таким образом, что после заливки оказывается в центре стенки отливки – зоне, в

наибольшей степени подверженной действию потока жидкого металла и самой высокой температуре. Таким образом, даже при неблагоприятной температуре заливки тонкая пластина легко сваривается и герметизирует центральную часть отливки, препятствуя течи газа, воды, пара.

Возможность получать качественные герметичные отливки за счёт её очевидных преимуществ сделали этот тип жеребеек очень популярным, несмотря на их несколько более высокую цену. Снижение количества брака по герметичности является экономическим преимуществом.

Данные жеребейки также могут быть изготовлены с перфорированными внешними пластинами для облегчения удаления газов.

Коробчатые жеребейки

Такие жеребейки изготавливаются из сложенного металлического листа. Они могут быть перфорированными, либо гладкими. В любом случае их прочность существенно ниже, чем у жеребеек с двумя пластинами и одной ножкой, поскольку нагрузка приходится только на боковые металлические стенки. По этой причине они обычно используются только в нижней части отливки и только в случае ограниченной нагрузки. Поскольку такие жеребейки очень лёгкие и перфорированные, рекомендуется их использовать там, где нужно получить высококачественную отливку и обеспечить удаление газов при любых условиях.

Сопротивление нагрузке может быть повышено за счёт упрочнения жеребейки центральной стенкой. Основания таких жеребеек могут быть плоскими или изогнутыми для лучшего соответствия форме стржня.

Жеребейки с 2-мя пластинами и 2-мя ножками

Это жеребейки с двумя ножками и двумя пластинами, приклепанными или приваренными к концам ножек. Такие жеребейки обычно выдерживают даже очень высокую нагрузку благодаря большей опорной поверхности и заметно более крупным ножкам. Поскольку данные жеребейки должны выдерживать значительную нагрузку, качество приклёпывания пластин к ножкам является крайне важным для предотвращения отрыва пластин. Хотя мы гарантируем качество нашей клёпки, такие жеребейки также выпускаются с приваренными пластинами, что обеспечивает максимальную надёжность.

Пластины таких жеребеек всегда перфорируются, поскольку площадь их поверхности велика. При установке таких жеребеек рекомендуется контролировать ориентацию ножек по отношению к потоку жидкого металла во избежание неполного заполнения или формирования рыхлот.

Пластины-накладки

Отдельные перфорированные или гладкие пластины-накладки изготавливаются из металлического листа. Они используются в качестве дополнительного основания жеребейки, когда необходимо увеличить её высоту, например из-за выемки в стержне, либо чтобы увеличить опорную поверхность жеребейки для предотвращения её вдавливания.

Жеребейки для радиаторов

Это цилиндрические жеребейки, целиком изготовленные из профилированного металлического листа с перфорацией, в основном используются при производстве радиаторов.

По необходимости, в зависимости от расположения жеребейки, температуры заливки и расположения питателей литниковой системы, могут различаться толщина листа, количество и размер отверстий перфорации.

Цилиндрические жеребейки используются в производстве радиаторов, где стержни бывают очень тонкими и хрупкими. Цилиндры, автоматически помещённые в специальные места, могут выдерживать лёгкие смещения стержня, не вызывая его повреждения. Их форма и расположение, облегчающее поток жидкого металла, гарантируют сваривание и получение герметичных отливок.

Холодильники

В областях отливки, характеризующихся толстым сечением, может наблюдаться сильная концентрация напряжений, вызванная разницей скоростей охлаждения в разных зонах. Высокие напряжения могут вызвать появление трещин или значительной пористости. Для выравнивания скоростей охлаждения расплавленного металла необходимо отбирать тепло из центральной зоны опасного сечения за счёт введения в расплав подходящих холодильников. Холодильники забирают на себя часть тепла, ускоряют затвердевание в тех областях, где они установлены, а кроме того уменьшают объём жидкого металла и,

следовательно, концентрацию тепла. Холодильники помещают непосредственно в центр расплавленной массы, которую необходимо охладить, в тех зонах, где возможно образование раковин или трещин.

Размер холодильников следует выбирать тщательно: слишком маленький холодильник не выполнит своей функции, в то время как при использовании слишком большого холодильника тепла может не хватить для полного сваривания. Поскольку жеребейки и холодильники работают в сходных условиях, при их изготовлении используются одни и те же материалы и покрытия.

Холодильники-спирали

Такие холодильники изготавливают из отожжённой проволоки с очень низким содержанием углерода. Они исключительно хорошо свариваются, и их форма позволяет делать их в широком диапазоне размеров для обеспечения эффективного охлаждения.

Холодильники-шпильки

Такие холодильники состоят из изготовленного из мягкого железа стержня и приваренной заострённой шпильки, позволяющей быстро и надёжно устанавливать холодильник. Форма и размеры стержня и установочной шпильки могут варьироваться по необходимости. Размер и крепление установочной шпильки важны, поскольку шпилька должна предотвращать смещение холодильника под действием массы расплавленного металла.

На холодильники-шпильки может наноситься накатка для улучшения свариваемости.

Жеребейки со шпилькой

Все наши жеребейки могут снабжаться приваренной установочной шпилькой, обеспечивающей простую и надёжную установку. Зона приварки шпильки подвергается специальной обработке, предотвращающей отламывание во время установки или в результате давления жидкого металла при заливке.

Самоклеющиеся жеребейки

Несколько лет назад мы успешно разработали новую технологию производства жеребеек с клейкой поверхностью. Это существенно облегчает процедуры сборки и перемещения

стержней, поскольку жеребейки мгновенно и прочно прилипают при установке на любую плоскую, наклонную или угловатую поверхность и не падают при смещениях стержня.

Самоклеющиеся жеребейки поставляются на силиконовой бумаге, их легко отделить от подложки, и они готовы к немедленному использованию. Они позволяют экономить время, обычно затрачиваемое на нанесение клея, и таким образом позволяет исключить эту сложную процедуру. Используемый нами клей был тщательно изучен и протестирован для того, чтобы избежать проблем со свариванием. Клей не содержит растворителей, а нанесённый слой всегда тонок и не содержит избытка клея. В то же время, он обеспечивает прочное сцепление с любой поверхностью.

Распорки для литья двигателей

Кроме обычных типов жеребеек с двумя пластинами и одной ножкой или двумя пластинами и двумя ножками, мы недавно разработали цельные распорки, которые предназначены для всех типов отливок блоков двигателей. Наша распорка-зажим идеально устанавливается, так как её установка не зависит от усилия, прикладываемого оператором. Фактически, боковые крылья, выполненные в виде «зажима», точно определяют высоту распорки, предотвращая её чрезмерное опускание. Кроме того, эти зажимы предотвращают перемещение или ослабление распорки во время заливки, что довольно часто случается с традиционными распорками. Следует отметить еще одно преимущество, - эти зажимы воспринимают неизбежное объемное расширение стержней во время заливки. Полное отсутствие заостренных концов предотвращает царапание покрытия во время установки. Размеры распорок тщательно рассчитаны для каждого двигателя, что гарантирует 100% точность приварки и герметичность.

Критерии выбора

Существует ряд факторов, которые следует принимать во внимание при выборе типа и размера жеребеек:

- 1) Жеребейка должна обеспечивать устойчивость стержня.
- 2) Жеребейка должна выдерживать нагрузку всё время её действия.
- 3) Жеребейка может быть установлена в разных местах внутри формы: под или над стержнем, близко или далеко от питателей, в толстой или тонкой стенке.

4) Жеребейка не должна вдавливаться в песок.

5) Жеребейка должна хорошо сплавляться с отливкой.

Устойчивость стержня

Количество устанавливаемых жеребеек должно обеспечивать устойчивость стержня и исключать любые возможные случайные смещения, вызванные воздействием заливки. Следовательно, количество жеребеек в основном зависит от формы и размера стержня и от его расположения в форме.

Поскольку любая ненагруженная жеребейка будет немедленно сдвинута и унесена потоком жидкого металла, необходимо, чтобы все жеребейки находились в контакте со стержнем.

Сопротивление нагрузке

Жеребейка должна сопротивляться нагрузке вплоть до окончания её действия, при этом работая в условиях высоких температур, снижающих её прочность. Среди всех факторов, влияющих на устойчивость жеребейки, только два могут рассматриваться как постоянные: толщина стенки отливки (или высота жеребейки) и вес стержня. Соответственно при оценке работоспособности жеребейки нужно учитывать её размеры и нагрузку, которую она должна выдержать.

Расположение жеребеек

Выше было сказано о различии условий работы жеребеек, установленных под стержнем, и тех, что располагаются над ним. Первые должны выдерживать вес стержня, вторые – статическое давление жидкого металла, приложенное к самому стержню. Можно рассчитать, что нагрузка на жеребейки, расположенные над стержнем, примерно в 4 раза выше, чем вес стержня или, иными словами, чем нагрузка на жеребейки под стержнем. Однако несмотря на это, эти два разных расположения жеребеек в большой степени эквивалентны, поскольку жеребейки, расположенные под стержнем, подвергаются воздействию потока горячего жидкого металла в течение длительного времени, часто совпадающего с полным временем заливки.

В итоге, для оценки можно рассматривать оба типа расположения жеребеек практически с одинаковых позиций, и для расчета нагрузки на жеребейку следует умножить вес стержня на 4 и результат разделить на число жеребеек.

При выборе размера жеребеек, размещаемых под стержнем просто для стабилизации его положения, как в случае отливок типа радиаторов или котлов, не следует ориентироваться на вес стержня. Такие жеребейки должны быть как можно меньше и всего лишь обеспечивать центровку стержня до начала заливки.

Важным фактором, который следует учитывать, является расположение жеребейки по отношению к питателям. Жеребейки, расположенные вблизи питателей, испытывают воздействие потока наиболее горячего металла в течение длительного времени.

Соответственно размер таких жеребеек должен быть увеличен. Напротив, жеребейки, расположенные вдали от питателей или в очень тонких стенках, должны быть соответственно уменьшены, поскольку иначе они могут не свариться полностью из-за более слабого потока металла с более низкой температурой.

Высота жеребеек

Высота жеребейки как правило соответствует толщине стенки отливки в месте своего расположения. Особое внимание следует уделять очень тонким стенкам (3 – 6 мм). В таких случаях, благодаря тому, что жидкий металл достигает их, имея более низкую скорость течения и температуру, контакт с короткой жеребейкой может привести к чрезмерному захлаживанию. Часто бывает полезным выполнить в песке или в стержне выемки в месте установки жеребейки. Это позволит использовать более высокие жеребейки и облегчить заливку.

Давление, оказываемое на песок

Жеребейки не должны вдавливаясь в песок под действием нагрузки, поскольку в противном случае это приведёт к искажению размера стенки отливки и получению дефекта поверхности. Это следует учитывать при выборе размера пластин. При одинаковой нагрузке на жеребейку увеличение площади опорной поверхности приводит к уменьшению давления на песок.

Сплавление жеребеек с отливкой

Ограничение на увеличение размера жеребеек связано с необходимостью обеспечить хорошую свариваемость с отливкой без образования пустот, пузырей или раковин. Слишком крупные жеребейки вызывают чрезмерное захлаживание, что мешает надежному свариванию. В связи с этим лучше увеличивать количество жеребеек и уменьшать их размеры.

Выбор количества жеребеек

Количество используемых жеребеек должно обеспечивать устойчивость стержня. При определении количества следует учитывать все возможные известные факторы: размер и форму стержня, его хрупкость, точки максимальных напряжений. При этом, скорее всего, чем больше жеребеек используется, тем меньше их размер, а, следовательно, меньше захлаживание и лучше сплавление. При учёте всех этих факторов гарантируется устойчивость стержня, особенно в случае, если он длинный и тонкий.

Тема : Определение габаритов опоки

Опоки приспособления для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, транспортирования её при заливке жидким металлом.

Опоки представляют собой металлические рамки литые или сварные с отверстиями в боковых стенках (венты), расположенными в шахматном порядке для выхода газов из формы, верхняя часть стенки опоки упрочняется выступающим буртиком, нижняя имеет выступ для лучшего удерживания формовочной смеси.

Опоки должны изготавливаться по чертежам в соответствии с ГОСТ 2529 и удовлетворять требованиям:

Поверхности прилегающих плоскостей в разъёме верхней и нижней опоки должны быть ровными (поверхности должны быть обработаны на станке для обеспечения плотного прилегания по поверхности разъёма);

Штыревые узлы спаривания опоки должны обеспечивать точное соединение полуформ при сборке их следует изготавливать с высокой точностью, при спаривании опоки следует предусматривать одно из двух видов центрирования опоки:

- спаривание штырём (штырь вставляется при сборке в отверстие ушек верхней опоки);
- спаривание «на штырь» (штырь укрепляется в нижней опоке, а втулка верхней опоки надевается на штырь, при сборке).

В процессе работы из-за нагревания и охлаждения опоки происходит их неизбежное коробление, поэтому для обеспечения точного спаривания опоки необходимо:

- одну из и втулок следует делать с диаметром равным диаметру центрирующего штыря (центрирующая втулка);
- другая втулка делается с прорезью вдоль главной оси опоки (направляющая втулка).

Ширину направляющей втулки следует делать равной диаметру центрирующей втулки, а длину больше на величину от 8 до 12 мм в зависимости от размеров опоки.

Размеры грузозахватных приспособлений (цапф) должны обеспечивать прочность при транспортировании форм;

В опоках рекомендуется предусматривать рёбра и крестовины (для средних и крупных опоки) для удержания формовочной смеси;

На опоках должны быть предусмотрены элементы для кантовки и транспортирования: цапфы, скобы.

Размеры опоки следует выбирать таким образом, чтобы после расположения отливок в форме величина слоя формовочной смеси между отливкой и стенкой опоки исключала деформацию или разрушение формы, рекомендуемые размеры .

При необходимости изготовить в одной форме разные по конфигурации отливки следует подбирать отливки так, чтобы они незначительно отличались по массе и толщине стенки; Опоки выбираются технологом из наличия, имеющихся на складе, или проектируются при разработке технологического процесса. Тип и размеры опок указывается в технологической карте. При необходимости опоки проектируются и изготавливаются в зависимости от технологических требований.

В зависимости от годовой программы можно подбирать опоки либо для изготовления одной отливки, либо для изготовления двух и более отливок одновременно в одной литейной форме. Это обстоятельство необходимо учитывать при расчете литниковой системы.

Данные для ориентировочного определения размеров опок

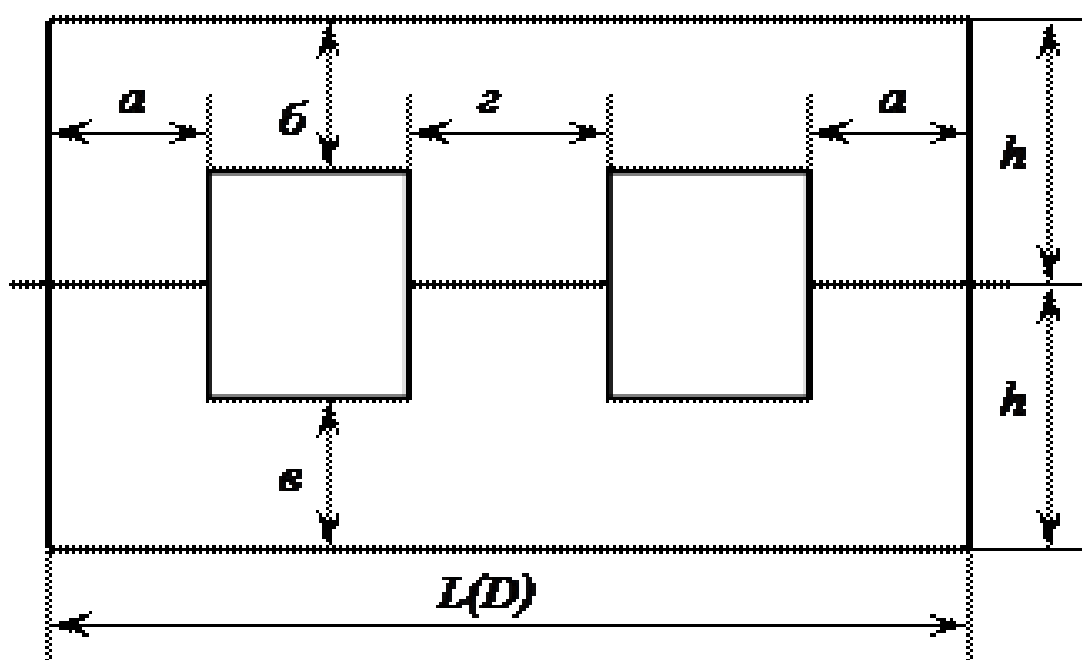


Рисунок 135. Схема определения размеров опок

Высоту опоки h следует определять по той полуформе, в которой находится большая часть модели.

Оценив требуемые размеры опок и выбрав их форму (круглая или прямоугольная), необходимо выбрать подходящие стандартные опоки по ГОСТ 14996-69...15013-69 или ГОСТ 20024-74...20053-74. При вычерчивании литейной формы в сборе следует руководствоваться уже не расчетными размерами, а размерами выбранных стандартных опок.

Тема : Расчет литников

Литниковая система (л.с.) должна обеспечить спокойную, равномерную и непрерывную подачу металла в заранее определенные места отливки.

Конструкция л.с. должна создавать условия, препятствующие засасыванию воздуха потоком металла.

Л.с. должна задерживать все неметаллические включения, попавшие в поток металла.

Одной из важнейших функций л.с. является заполнение формы с заданной скоростью: при очень большой скорости заливки происходит размыв стенок формы и каналов самой л.с., а при слишком медленной заливке – значительное охлаждение металла и образование спаев, неслитин, недоливов.

Л.с. должна способствовать выполнению принципа равномерного или направленного затвердевания отливки. Она служит для частичного питания жидким металлом отливки в начальный момент ее затвердевания.

Нормальная л.с. состоит из следующих основных элементов: приемное устройство, стояк, зумпф, литниковый ход, питатели.

1. Приемные устройства

Назначение их состоит в том, чтобы обеспечить попадание струи из ковша в каналы л.с. Также эти устройства гасят энергию струи металла из ковша и частично улавливают шлак, попавший в поток из ковша.

В качестве приемного устройства применим литниковую воронку. Литниковые воронки применяются при заливке всех стальных отливок, независимо от их массы (из-за заливки из стопорных ковшей, а также для уменьшения поверхности контакта металла с литниковой системой).

2. Стояк

Он представляет собой вертикальный канал л.с., по которому металл опускается от уровня чаши до того уровня, на котором он подводится к отливке.

Очень часто по условиям формовки (особенно при машинном изготовлении форм) требуется установка расширяющихся книзу стояков. В таких стояках может происходить подсос воздуха, и требуется установка дросселей, но так как сечение питателей наименьшее (то есть л.с. заполненная), то дроссели не нужны.

3. Зумпф

Очень ответственным местом в л.с. является зумпф – это расширение и углубление под стояком. Его всегда нужно делать при устройстве л.с. В нем образуется болотце металла, гасящего энергию струи из стояка и тем самым предотвращающего разбрызгивание металла. Кроме того, выходя из зумпфа в литниковый ход, металл направлен снизу вверх. При этом направление движения металла совпадает с направлением естественного движения шлаковых частиц, попавших из ковша в металл, и они быстрее выносятся к потолку литникового хода, то есть зумпф позволяет сделать короче литниковый ход и уменьшить расход металла на л.с.

4. Литниковый ход

Он представляет собой горизонтальный канал, чаще всего трапециевидного сечения, устанавливаемый на плоскости разъема формы. Основным его назначением является распределение потока металла из стояка по отдельным питателям, обеспечивая его равномерный расход.

5. Питатели

Последний по ходу металла элемент л.с. – питатели. Их количество и расположение зависят от характера заливаемых деталей. Сечение питателей должно быть таким, чтобы они легко отламывались от отливки.

Когда металл подводится несколькими питателями к отливке, истечение его из разных питателей, удаленных на различное расстояние от стояка, разное.

Дальние питатели пропускают большее количество металла, чем ближние. Это объясняется тем, что в крайних питателях динамический напор частично переходит в статический, поэтому скорость истечения металл из этих питателей выше.

Выбор типа литниковой системы

Решающими факторами, от которых зависит выбор типа л.с., являются: конструкция отливки, принятая в цехе технология и свойства сплава, из которого отливается заготовка.

Для изготовления стальных отливок применяются л.с. максимальной простоты и минимальной протяженности, так как сталь при охлаждении резко теряет жидкотекучесть.

Выбранная л.с. относится к верхним л.с. с горизонтальным расположением питателей. В такой л.с. металл подводится в верхнюю часть отливки и к концу заполнения формы в отливке создается температурное поле, соответствующее

принципу направленного затвердевания (снизу холодный, а сверху горячий металл).

Выбор места подвода металла к отливке

При выборе места подвода металла к отливке обязательно учитывается принцип затвердевания отливки. Так как отливка по своей конструкции склонна к направленному затвердеванию, то металл лучше подводить в ее массивные части. Протекающим металлом форма в местах подвода разогревается, в тонкие части отливки металл подходит охлажденным и скорость их затвердевания еще больше увеличивается. Массивные части, разогретые горячим металлом, затвердевают медленнее. Такое температурное поле способствует образованию в отливке (в ее массивном или тепловом узле) концентрированной усадочной раковины, которую легко перевести в прибыль.

Металл подводим вдоль стенки, в этом случае не происходит прямого удара струи металла в стенку формы и вероятность ее разрыва уменьшается.

Для определения размеров сечения элементов л.с. нужно задаться соотношением их размеров. Для л.с. стальных отливок массой до 1т.:

$$SF_n : SF_{л.с.} : F_{ст} = 1 : 1.15 : 1.3$$

Самым узким местом является питатель, поэтому его расчет ведем по формуле Озанна:

$$\sum F_n = \frac{1000 * G}{\gamma * \mu * \tau * \sqrt{2 * H_p * g}}, \quad (45)$$

где SF_n - суммарная площадь сечения питателей, $см^2$;

G – полная масса металла в форме вместе с л.с. и прибылями, кг;

g - удельный вес жидкого металла, для стали $g = 7г/см^3$

m - коэффициент расхода л.с.;

t - время заливки, с;

H_p – средний, расчетный напор, действующий в л.с. во время заливки, см;

g – ускорение силы тяжести, $g = 981см/с^2$.

В случае заливки чугуна и стали формула имеет вид:

$$\sum F_n = \frac{G}{0.31 * \mu * \tau * \sqrt{H_p}},$$

Так как данная отливка требует установки прибылей, то металлоемкость отливок определяется по формуле:

$$G = \frac{G_{отл}}{ТВГ}, \quad (46)$$

где $G_{отл}$ – масса отливки, кг;

ТВГ – технологический выход годного, для данной отливки $ТВГ = 0.6$

Масса отливки определяется по формуле:

$$G_{отл} = 2 \cdot (G_{дет} + G_{пр.м.о.}) \quad (47)$$

где - $G_{дет}$ – масса детали, $G_{дет} = 42.5$ кг;

$G_{пр.м.о.}$ – масса металла на припуски и механическую обработку, кг;

Припуски на механическую обработку составляют 7–10% от массы детали, принимаем 9%.

$$G_{пр.м.о.} = 0.09 \cdot G_{дет.} = 0.09 \cdot 42.5 = 3.83 \text{ кг},$$

$$G_{отл} = 2 \cdot (42.5 + 3.83) = 92.66 \text{ кг}$$

$$G = \frac{92.66}{0.65} = 142.55 \text{ кг}$$

Расчетный напор определяется по формуле Дитерта:

$$H_p = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (48)$$

где H – начальный напор, или расстояние от места подвода металла к отливке до носка ковша, см;

P – расстояние от самой верхней точки отливки до уровня подвода, см;

C – высота отливки по положению при заливке, см.

Чтобы определить H , нужно знать высоту опок $H_{в.о.}$ и $H_{н.о.}$

Их размеры рассчитываются в пункте 1.9.

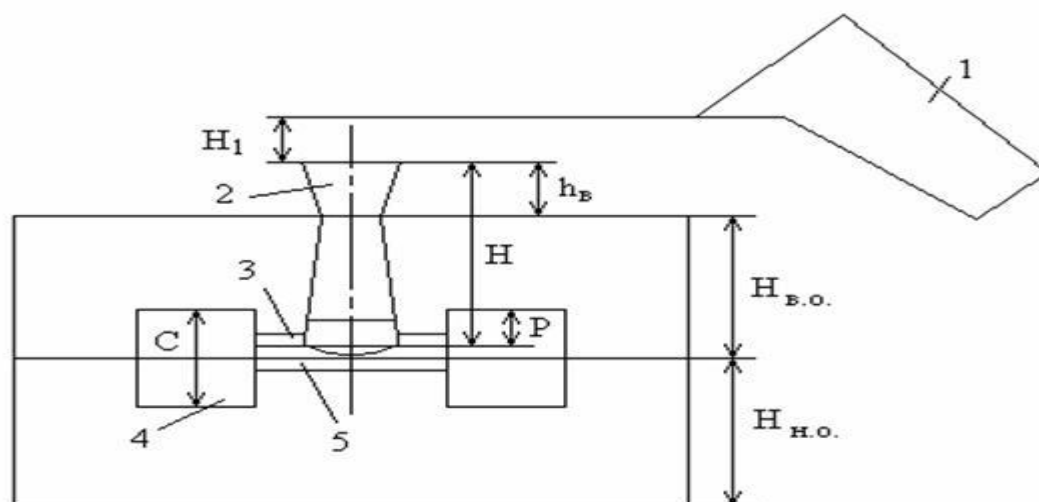


Рисунок 136.. Схема к определению расчетного напора:

- 1 – носковый ковш;
- 2 – приемное устройство (воронка);
- 3 – питатель;
- 4 – отливка;
- 5 – стержень.

По рис.1.:

$$H = H_{B.O.} + h_B - b/2, \quad (49)$$

где $H_{B.O.}$ – высота верхней опоки, $H_{B.O.} = 15$ см;

h_B – высота уровня металла в воронке, $h_B = 6$ см (высота воронки $H_B = 75$ мм) [10, с.44];

b – высота стержня, $b = 18.4$ см.

$$H = 15 + 6 - 18.4/2 = 11.8 \text{ см.}$$

$$P = h_{M.B.} - b/2, \quad (50)$$

где $h_{M.B.}$ – высота модели верха, $h_{M.B.} = 26.25$ см.

$$P = 26.25 - 9.2 = 17.05 \text{ см.}$$

$$C = h_{M.B.} + h_{M.H.} \quad (51)$$

где $h_{M.H.}$ – высота модели низа, $h_{M.H.} = 15.5$ см.

$$C = 26.25 + 15.5 = 41.75 \text{ см.}$$

Тогда рабочий напор равен:

$$H_p = 11.8 - \frac{17.05^2}{2 * 41.75} = 8.32 \text{ см.}$$

Коэффициент расхода л.с.:

$$\mu = \frac{0.82}{\sqrt{1 + \sum_{I=1}^N \frac{K_{III}}{\left(\frac{F_I}{\sum F_{II}}\right)^2}}},$$

Для соотношения (10):

$$\mu = \frac{0.82}{\sqrt{1 + \frac{0}{1.3^2} + \frac{1}{1.15^2} + \frac{1}{1^2}}} = 0.49.$$

Время заливки определяется по формуле Беленького, Дубицкого, Соболева:

$$\tau = S * \sqrt[3]{\delta * G}, \quad (52)$$

где S – коэффициент времени, для стальных отливок S = 1.4, 1.6 [10, с.58],

принимая S = 1.5;

d – толщина определяющей стенки, d = 15мм;

G – масса отливки вместе с л.с., кг.

$$\tau = 1.5 * \sqrt{15 * 142.55} = 19.32 \text{ с}.$$

Тогда SF_п равна:

$$\sum F_n = \frac{142.55}{0.31 * 0.49 * 19.32 * \sqrt{8.32}} = 16.84 \text{ см}^2.$$

Скорость заливки:

$$V = \frac{G}{\tau} = \frac{142.55}{19.32} = 7.38 \text{ кг/с},$$

Общая формула для определения площадей сечения остальных элементов л.с.:

$$F_i = F_n * k_i * P_i, \quad (53)$$

где F_п – площадь одного питателя, см²;

k_i – отношение площади i – ого элемента л.с. к суммарной площади питателей, обслуживаемых i-ым элементом;

P_i – число питателей, обслуживаемых i – ым элементом, P_i = 4.

Для питателя:

$$F_n = \frac{\sum F_n}{P_i} = \frac{16.84}{4} = 4.21 \text{ см}^2.$$

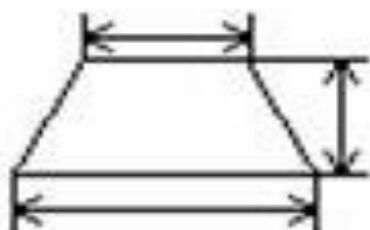
Для литникового хода:

$$F_{л.х.} = 4.21 * 1.15 * 4 = 19.36 \text{ см}^2.$$

Для стояка:

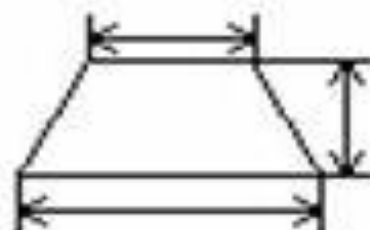
$$F_{\text{ст}} = 4.21 \cdot 1.3 \cdot 4 = 21.89 \text{ см}^2.$$

Питатель



$$F_{\text{п}} = 4.21 \text{ см}^2$$
$$\text{кол-во пит.} = 4 \text{ шт}$$
$$\Sigma F_{\text{п}} = 16.84 \text{ см}^2$$

Литниковый ход



$$F_{\text{л.х.}} = 19.36 \text{ см}^2$$
$$\text{кол-во} = 1 \text{ шт.}$$
$$\Sigma F_{\text{л.х.}} = 19.36 \text{ см}^2$$

Стояк



$$F_{\text{ст}} = 21.89 \text{ см}^2$$
$$\text{кол-во} = 1 \text{ шт.}$$
$$\Sigma F_{\text{ст}} = 21.89 \text{ см}^2$$

Рисунок 137. Сечения элементов литниковой системы

Тема : Расчет прибылей

Теплоизоляция прибылей позволяет уменьшить расход жидкого металла, а также снизить брак в отливках, возникающий вследствие усадочных дефектов. Экзотермическая оболочка служит для уменьшения отвода тепла от прибыли в форму и окружающую среду и тем самым, препятствуя ее преждевременному охлаждению, быстрому образованию корки, увеличивает эффективный объем прибыли. При этом зеркало металла в прибыли в течение питания отливки опускается равномерно по всему сечению прибыли, что приводит к сокращению объёма металла за счёт отсутствия вытянутой в вертикальном направлении усадочной раковины. Это говорит об использовании экзотермических смесей, как об одном из наиболее эффективных способов борьбы с усадочными дефектами.

На сегодняшний день существует несколько подходов к расчету объема и конфигурации прибылей. Рассмотрим их на предмет удобства расчета и учета применения теплоизоляции.

Василевский П.Ф. предлагает две методики расчета теплоизолированных прибылей. Одна из них основывается на экспериментальных данных о продолжительности затвердевания теплоизолированной прибыли, вторая подразумевает использование номограммы.

«Соотношение продолжительности затвердевания прибыли и отливки, которое может быть принято при расчете прибылей, зависит от теплофизических свойств применяемых экзотермических смесей». Необходимо знать во сколько раз применяемый материал увеличивает общую продолжительность затвердевания сравнимой прибыли, которая ранее рассчитана для условий охлаждения в обычной песчаной форме, при $R_{н.о.} = 1,2 \cdot R_{отл.}$.

Приняв, что теплоизоляционный материал увеличивает продолжительность затвердевания в два раза, условие будет выглядеть следующим образом:

$$\tau_{н.э.} = 2\tau_{н.о.} \text{ или } \left(\frac{R_{н.э.}}{k'} \right)^2 = 2 \cdot \left(\frac{R_{н.о.}}{k''} \right)^2, \quad (54)$$

где $\tau_{н.э.}$ и $\tau_{н.о.}$ - продолжительность затвердевания стали в теплоизолированной и обычной прибылях соответственно, $R_{н.э.}$ и $R_{н.о.}$ – приведенные толщины этих прибылей, $R_{отл.}$ – приведенная толщина термического узла или отливки в простейшем случае. Отсюда:

$$k'' = \sqrt{2} \cdot k'.$$

При сохранении равенства приведенных толщин $R_{n.э.} = R_{n.o.}$, одинаковая продолжительность затвердевания стали в обычной и теплоизолированной прибыли может быть достигнута в общем случае при условии:

$$\left(\frac{R_{n.э.}}{k'} \right)^2 = \left(\frac{R_{n.o.}}{k''} \right)^2$$

или, преобразовав с учетом формулы, (1) и учтя начальное условие $R_{n.o.} = 1,2 \cdot R_{отл}$:
 $R_{n.э.} \approx 0,85 \cdot R_{отл}$ [1. с. 115].

В данном методе недостатком является косвенный конечный результат в виде приведенной толщины теплоизолированной прибыли, что обязывает технолога также рассчитывать объем и размеры прибыли. Помимо этого не учитываются параметры, такие как температурный режим заливаемого расплава и конфигурацию термического узла.

«Размеры этих прибылей также можно определять по номограмме, считая нижнюю предельную границу области применения прибылей соответствующей отношению $V_n : V_o = 0,2$. В зависимости от теплофизических свойств этих смесей данная предельная граница может соответствовать и другому минимальному значению отношения $V_n : V_o = 0,2$, определяемому экспериментально»

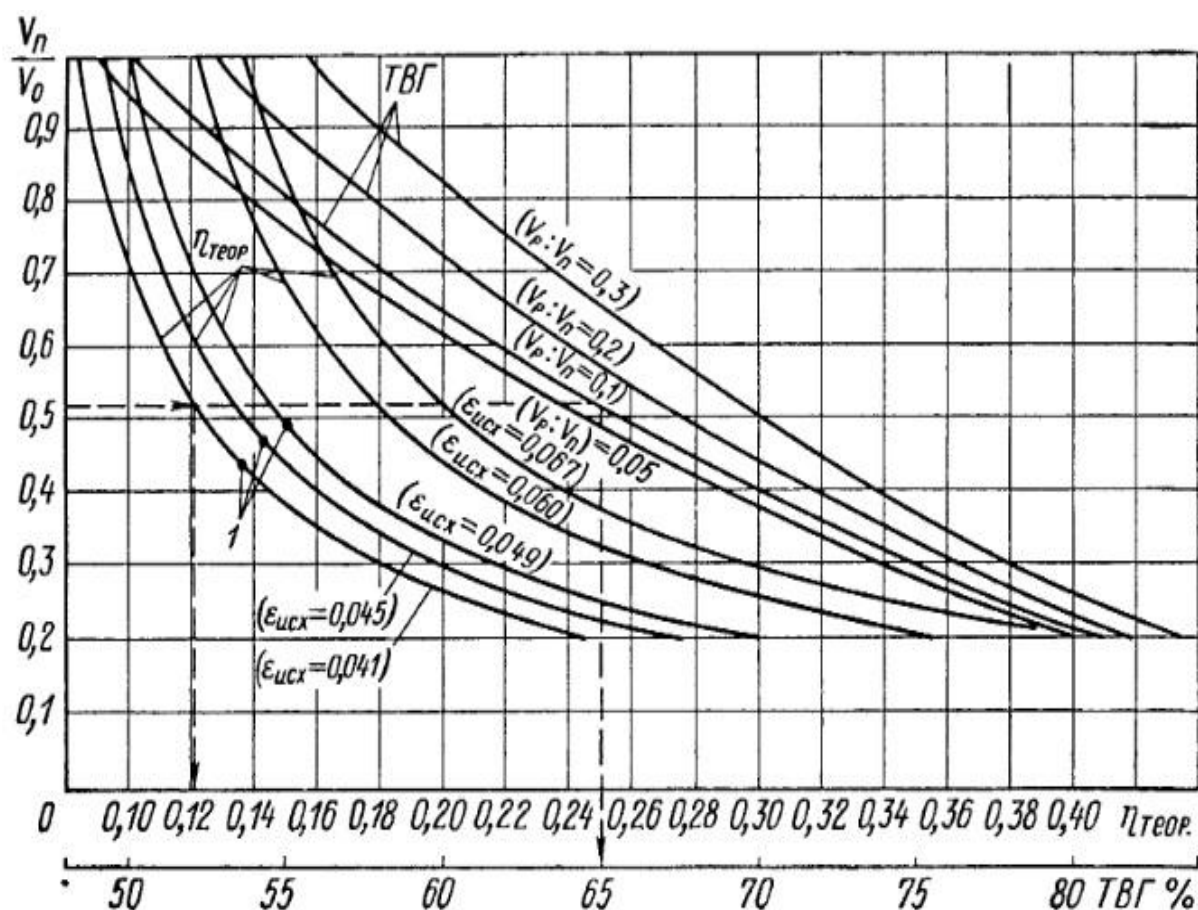


Рисунок 138. Номограмма Василевского П.Ф.

Определение объема теплоизолированной прибыли по номограмме достаточно удобно, если технолог обладает всеми необходимыми для этого экспериментальными данными, однако это бывает не всегда так, и при отсутствии необходимых сведений подбор оптимального объема прибыли будет сводиться к перебору всех возможных вариантов, в результате чего будет потрачено слишком много драгоценного времени.

Чаще в применении можно встретить метод Пржибыла. В этом методе пользуются уравнением:

$$H = k * \sqrt[3]{\frac{x\beta}{1-x\beta}} \cdot V, \quad (55)$$

где H – высота прибыли, V – объем питаемой части отливки, β – усадка металла, %, в период от заливки до затвердевания, x – коэффициент, равный отношению объема прибыли к объему сосредоточенной усадочной раковины. «Коэффициент x выбирается из условия работы прибыли: для прибылей, где рабочее давление ниже атмосферного $x=11-12$; для прибылей с атмосферным давлением в усадочной раковине $x=9-10$; для теплоизолированных

прибылей $x=8-9$; для обогреваемых прибылей $x=6-7$ » Множитель k – зависит от принимаемого соотношения $H : D$ для прибыли, например для $H : D = 1,5$, $k = 1,15$, для открытой прибыли $k=1,085$.

Как видно, в данном методе учтены изменение объема в зависимости от той или иной конфигурации и применения теплоизоляции, однако результаты носят приблизительный характер, отклонение от оптимального объема прибыли порой может быть довольно велико.

Для определения объема прибылей часто используют метод Намюра-Шкленника:

$$V_{np} = m * \xi * R_{\vartheta.m.y.}^3 * (1 + \beta)^3 * y * Z + 3 * \beta * V_{\phi}; (2), \text{ где:}$$

m – безмерный коэффициент, учитывающий расстояние от места подвода расплава к отливке до прибыли,

ξ – безмерный коэффициент конфигурации прибыли (выводится для каждой прибыли определенной конфигурации),

$R_{\vartheta.m.y.}$ – приведенная толщина термического узла (см),

β – объемная усадка сплава,

y – безмерный коэффициент, учитывающий относительную продолжительность затвердевания теплового узла и прибыли в зависимости от их конфигурации,

V_{ϕ} – объем термического узла (см³),

Z – безмерный коэффициент, учитывающий тепловое состояние прибыли и теплового узла отливки.

Первое слагаемое правой части соответствует условию более позднего затвердевания прибыли по отношению к питаемой части отливки, а второе – максимально необходимому запасу расплава в прибыли и окончанию затвердевания теплового узла или отливки в простейших случаях.

Данный подход учитывает множество различных параметров, а также тепловое состояние прибыли и теплового узла. Минус формулы (2) в громоздком выводе коэффициента Z , который сложно получить, не владея большим количеством справочной информации. Во-

первых, $Z = \frac{q_{np}}{q_{отл}}$ (3), где q_{np} - удельный полный тепловой поток на поверхности между

металлом прибыли и материалом формы, $q_{отл}$ - удельный полный тепловой поток на поверхности между металлом теплового узла отливки и материалом формы в области этого теплового узла. Во-вторых, суммарный полный тепловой поток выражается как

$$q = \alpha \cdot (t_m - t_\phi) \quad (4), \text{ где для песчано-глинистой формы } \alpha = \frac{b_\phi}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{\tau}} \quad (5), \text{ где } \alpha - \text{коэффициент}$$

полной суммарной теплоотдачи, ккал/м²·ч·град, b_ϕ - коэффициент теплоаккумуляции формы, ккал/м²·ч^{0,5}·град, равный 20-22 для стали, τ - относительная продолжительность затвердевания.

Отталкиваясь от последнего вышеописанного подхода к расчету прибыли, автор решил доработать формулу (2) и вывести коэффициент Z, исходя из экспериментальных данных о применении различных теплоизолирующих материалов. Необходимо чтобы результатом расчета по новой формуле являлся наиболее оптимальный объем прибыли, а в качестве исходных данных выступали бы параметры, которые можно было бы легко выяснить.

$$Z = \frac{b_{\phi,np}}{b_{\phi,отл}} \cdot k \quad (6), \text{ где } k = \frac{\sqrt{\tau_{отл}} \cdot (t_{м,np} - t_{\phi,np})}{\sqrt{\tau_{np}} \cdot (t_{м,отл} - t_{\phi,отл})}.$$

Вывод: промежуточный коэффициент k зависит от относительной продолжительности затвердевания термического узла и прибыли, что в свою очередь зависит от их конфигурации, и от разности температур между металлом или формой в прибыли и термическом узле соответственно, приведение же Z к виду $Z = \frac{b_{\phi,np}}{b_{\phi,отл}}$ (6*), не является

достоверным. Известно, что применение сухой глиноперлитовой смеси с жидким стеклом, с процентным содержанием перлита 40% (коэффициент теплоаккумуляции материала $b_\phi = 210 \text{ Вт} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{м}^2 \cdot \text{град}$ – там же коэффициенты для других материалов) позволяет уменьшить объем прибыли в два раза (а также согласно экспериментальным данным, полученным от предприятия ООО «Инжиниринговый Центр «Информатизация Литейного Производства»). Таким образом, при отношении коэффициентов теплоаккумуляции $\frac{b_{\phi,отл}}{b_{\phi,np}}$, которое равно $\approx$

6,8, ($b_{\phi,отл}$ для песчано-глинистой формы равен $1430 \text{ Вт} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{м}^2 \cdot \text{град}$, $b_{\phi,np}$ для глиноперлита равен $210 \text{ Вт} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{м}^2 \cdot \text{град}$), коэффициент k должен быть равен $\approx 3,14$. Если бы

мы приняли в качестве достоверной формулу (6*), то уменьшение объема прибыли произошло бы примерно в 6,8 раз, что не соответствует действительности.

Значение $k \approx 3,14$ было получено исходя из формулы (2) и условия $\frac{V_{np1}}{V_{np2}} = 2$,

где V_{np1} - объем прибыли, рассчитанный без учета теплоизолирующих оболочек, V_{np2} - объем прибыли, рассчитанный с учетом применения теплоизолирующих оболочек из глиноперлита, а также при условии того, что технологические параметры изготовления отливки одинаковы.

Аппроксимированы методом наименьших квадратов и получен полином второго порядка, $y = -0,000005x^2 + 0,369x + 0,631$, приведенный к виду $y = 0,369x + 0,631$ (7).

Исходя из (6) и (7), получим:

$$Z = \frac{b_{\phi,np}}{b_{\phi,отл}} \cdot \left(0,369 \cdot \frac{b_{\phi,отл}}{b_{\phi,np}} + 0,631 \right), \text{ или преобразовав: } Z = 0,369 + 0,631 \cdot \frac{b_{\phi,np}}{b_{\phi,отл}} \quad (8).$$

Коэффициент Z в формуле $V_{np} = m * \xi * R_{э.м.у.}^3 * (1 + \beta)^3 * y * Z + 3 * \beta * V_{\phi}$ после аппроксимации зависит *только от теплофизических свойств*, применяемых материалов, а именно от отношения их коэффициентов теплоаккумуляции и не зависит от конфигурации прибыли и термического узла.

Физический смысл Z таков: при применении теплоизоляционного материала, объем прибыли уменьшается тем значительнее, чем больше отношение коэффициента теплоаккумуляции формовочной смеси к коэффициенту теплоаккумуляции материала теплоизоляционной оболочки прибыли.

Конфигурацию прибыли численно характеризует безразмерный коэффициент конфигурации

$$\xi = \frac{S_{эф}^3}{V_{np}^2}, \text{ где } S_{эф} - \text{площадь поверхности прибыли, контактирующая с поверхностью}$$

формы, а также с воздухом для открытых прибылей (не включая площадь контакта прибыли с отливкой), V_{np} – объем прибыли. Автор данной статьи вывел коэффициенты конфигурации для конической закрытой, цилиндрической закрытой, конической открытой, цилиндрической открытой прибылей прямого питания, а также цилиндрической и

конической прибылей бокового питания с учетом нескольких отношений размеров прибыли. Все они приведены в таблице 2.

Использование теплоизоляции прибылей – одно из наиболее удачных решений по борьбе с усадочными дефектами и экономии сплава. Проанализировав современные методы расчета прибылей, автор статьи на основе экспериментальных данных и формулы Намюра-Шкленника вывел коэффициент Z , учитывающий коэффициент теплоаккумуляции, что позволит просто рассчитывать оптимальный объем различных прибылей на основе известных технологических параметров, включая теплоизоляцию, и определить степень эффективности применения экзотермических оболочек. Данное исследование будет заложено в основу разрабатываемой автором автоматизированной системы по расчету прибылей.

Усадочные раковины образуются в отливках вследствие уменьшения объема жидкого металла при охлаждении и, в особенности, при переходе его из жидкого состояния в твердое. Они относятся к числу основных пороков отливок, с которыми литейщикам приходится повседневно работать. Для борьбы с усадочными раковинами применяются литейные прибыли, представляющие собой резервуары жидкого металла, из которых происходит пополнение объемной усадки отдельных частей отливки, расположенных вблизи прибыли.

От эффективности работы прибыли зависит качество отливки и процент выхода годного литья. Установка прибылей способствует выполнению принципа направленной кристаллизации.

Прибыль должна:

- обеспечить направленное затвердевание отливки к прибыли; поэтому ее надо устанавливать на той части отливки, которая затвердевает последней;
- иметь достаточное сечение, чтобы затвердеть позже отливки;
- иметь достаточный объем, чтобы усадочная раковина не вышла за пределы прибыли;
- иметь конструкцию, обеспечивающую минимальную поверхность.

Холодильники, как правило, применяются для регулирования скорости затвердевания различных частей отливки с целью достижения принципа равномерного или одновременного затвердевания.

Применение верхней л.с. позволяет получить в отливке температурный градиент соответствующий направленному затвердеванию. Таким образом, на верхние по заливке массивные части (разогретые заливаемым металлом) устанавливаем прибыли. В нижние по заливке массивные части попадет холодный металл, поэтому эти части не требуют дополнительного охлаждения, и, соответственно применения холодильников.

Расчет прибылей по методу проф. Андреева

Большинство способов расчета прибылей основаны на "методе вписанных окружностей". Суть его заключается в том, что на листе бумаги в натуральную величину вычерчивается термический узел и в него вписывают окружность так, чтобы она касалась стенок отливки. Окружность диаметром d и есть размер термического узла .

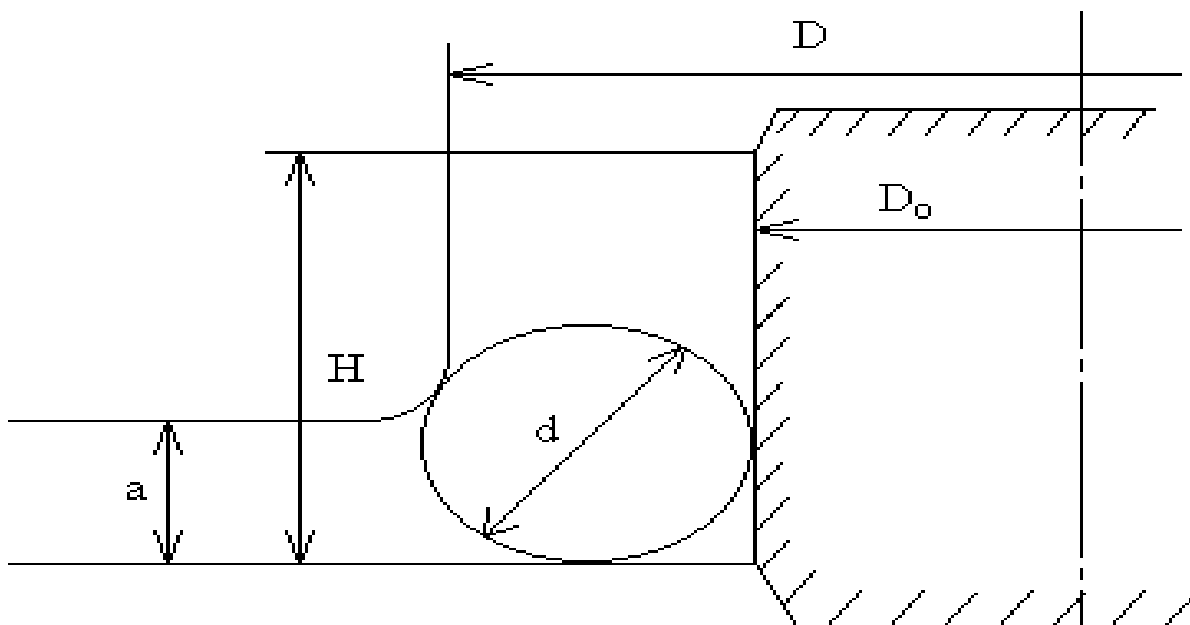


Рисунок 139. Термический узел.

Прибыль №1

Диаметр круга, вписанного в узел, см:

$$d = \frac{D - D_o}{2} + \frac{\left(3 * a + \frac{D - D_o}{2}\right)^2}{8 * \left[a + \frac{3}{2}(D - D_o)\right]}$$

Диаметр кольца компенсирующего металла, см:

$$d_o = 0.22 \sqrt{H * \frac{D - D_o}{2} + 2 * a^2} \quad (56)$$

где Н – высота питаемого узла, Н = 6.5 см.

Диаметр прибыли, см:

$$D_{\Pi} = d_o + d_1$$

Высота прибыли, см:

$$H_{\Pi} = d_o + 0.85 * D_{\Pi}, \quad (29)$$

Прибыль №2

Диаметр круга, вписанного в узел, см:

$$d = \frac{D - D_o}{2} + \frac{\left(3 * a + \frac{D - D_o}{2}\right)^2}{8 * \left[a + \frac{3}{2}(D - D_o)\right]}, \quad (57)$$

где а – толщина боковой стенки, а = 1.5 см;

D – наружный диаметр узла, D = 20 см;

D_o – внутренний диаметр узла, D_o = 15 см.

Диаметр кольца компенсирующего металла, см:

$$d_o = 0.22 \sqrt{H * \frac{D - D_o}{2} + 2 * a^2}, \quad (58)$$

где Н – высота питаемого узла, Н = 6.5 см.

Диаметр прибыли, см:

$$D_{\Pi} = d_o + d_1,$$

Высота прибыли, см:

$$H_{\Pi} = d_o + 0.85 * D_{\Pi},$$

Длина прибыли: $L_{\Pi 2} = 29.04$ см.

Объем прибылей

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi}{8} * D_n^2 * L_{n1} + \left(H_n - \frac{D_n}{2} \right) * D_n * L_{n1}$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi}{8} * D_n^2 * L_{n2} + \left(H_n - \frac{D_n}{2} \right) * D_n * L_{n2}$$

Масса прибылей:

$$G_{\text{пр}} = (V_{\text{пр1}} + V_{\text{пр2}}) * r_{\text{ж.ме.}}$$

Выход годного равен:

$$ТВГ = \frac{G_{\text{отл}}}{G_{\text{отл}} + G_{\text{л.с.}} + G_{\text{пр}}} \quad (59)$$

где $G_{\text{л.с.}}$ – масса л.с., $G_{\text{л.с.}}$ равен 10,15% от $G_{\text{отл}}$, принимаем 12%.

Так как ТВГ значительно больше принятого, то скорректируем объем прибылей для получения принятого ТВГ.

Требуемая масса прибылей равна:

$$G_{np} = \frac{G_{отл}}{0.65} - G_{отл} - G_{л.с.}$$

Суммарный объем таких прибылей равен:

$$V_{np}^* = \frac{G_{np}^*}{7}$$

Тема: Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции отливки заключается в установлении ее соответствия требованиям литейной технологии с учетом последующей технологии обработки резанием и сборки.

На этом этапе изучают чертеж детали, технические условия, определяющие требования к показателям ее качества, а также особые условия производства.

Сплавы и металлы для изготовления отливок в оболочковых формах могут быть самыми различными, наиболее эффективно литье в оболочковые формы по выплавляемым моделям труднообрабатываемых резанием сплавов, сплавов с особыми свойствами и структурой. Однако максимальное приближение конфигурации отливки к готовой детали, малые припуски на обработку резанием делают эффективным литье в оболочковые формы по выплавляемым моделям для углеродистых и легированных сталей, медных и алюминиевых сплавов, чугуна.

Габаритные размеры и масса отливок. Литьем в оболочковые формы по выплавляемым моделям изготавливают отливки массой от нескольких граммов до 300 кг. По размерам отливки могут быть от нескольких миллиметров до 1,0 м. Отливки могут быть получены с минимальной толщиной стенок — 0,6 мм, если протяженность этой стенки не превышает 5...6 мм, с толщиной 0,7 мм при протяженности 10 мм. Наиболее часто толщина стенок отливок составляет 2...5 мм, а их протяженность—20...100 мм и более. Плоские тонкие стенки могут быть получены в отливке лишь при определенной площади. Плоские и тонкие стенки большой площади не заполняются, или искажается плоскость вследствие деформаций формы. В этом случае вместо плоской стенки целесообразно выполнять искривленную стенку или предусматривать отверстия в плоской стенке. Последний прием одновременно обеспечивает жесткость оболочковой формы. Трудно выполнить небольшие отверстия в местах отливки, в которых сосредоточена большая масса металла (массивная стенка), глухие отверстия, а также, некруглые отверстия.

Минимальные отверстия диаметром 0,5 мм можно получить в стенках толщиной 1 мм в отливках из цветных сплавов; в отливках из стали минимальный диаметр отверстия 1,5 мм можно выполнить в стенке толщиной примерно 1,5 мм.

Можно изготовить отливки со значительно различающимися по толщине стенками, т. е. когда тонкая стенка примыкает к более массивной. Соотношение толщины стенок допускается не более 1:4. Отливки могут иметь массивные узлы, но при этом необходимо продумывать возможность питания этих узлов при затвердевании. Для этого массивный узел присоединяют через питатель к стояку (при изготовлении мелких и средних по массе отливок) или используют прибыли (в крупных отливках). Направленное затвердевание крупных отливок часто обеспечивается технологическими напусками, которые назначает технолог при разработке технологического процесса.

При проектировании пресс-форм следует иметь в виду, что модель из пресс-формы должна извлекаться без разрушения. Поэтому на стенках пресс-форм необходимо назначать уклоны. Если вертикальные стенки отливок обрабатываются, уклоны следует назначать всегда в «плюс»; такие же уклоны должны быть предусмотрены на тонкостенных отливках с толщиной стенок менее 5 мм. При большей толщине стенок (5...10 мм) уклоны должны быть назначены в «плюс-минус», на отливках с толщиной стенок более 10 мм — только в «минус». Величина уклонов зависит от материала пресс-формы. В отдельных случаях, когда требуется получать в отливке необрабатываемые полости, уклоны не назначаются.

Сопряжения стенок встречаются в отливках в различных вариантах — сопряжения двух, трех, четырех стенок — под различными углами. Всегда необходимо обеспечивать плавность перехода от одной стенки к другой, назначать радиусы округлений, галтели; пользоваться при этом следует рядом предпочтительных значений радиусов: 1, 2, 3, 5, 8, 10 мм и т. д.

Радиус галтели внутреннего угла, образованного двумя стенками отливки, $R=(l_0+l_1)/3$, где l_0, l_1 — толщины сопрягаемых стенок отливки; 3 — величина замкнутости, определяется по графику.

Если в отливке сопряжены три стенки, то радиусы скруглений определяются аналогично предыдущему случаю. Сопряжения четырех стенок необходимо рассредоточивать, чтобы не создавать тепловых узлов.

Пазы и полости в отливках желательно применять реже, так как для их оформления в модели необходимо в конструкции пресс-формы предусматривать дополнительные стержни. Ширина паза может быть получена при $h_p \leq 2d$ (для цветных сплавов $d \geq 1$ мм, для стали $d \geq 2,5$ мм). Для обеспечения жесткости и устойчивости формы в месте расположения полостей

последние необходимо заменять сквозными отверстиями. Это облегчает и очистку отливок от остатков формы.

Бобышки упрочняют стенку в местах расположения отверстия под крепежные элементы. Высоту бобышек следует назначать в зависимости от диаметра отверстия или толщины стенки $h_p = 4 \dots 6d$ или $h_p \leq 2,5l_0$, где h_p — высота стенки вместе с бобышкой; d — диаметр отверстия; l_0 — толщина стенки. Бобышки располагают на внешних поверхностях отливок; это не усложняет конструкцию пресс-форм.

Таким образом, в результате анализа технологичности конструкции детали технолог оценивает принципиальную возможность изготовления отливки по выплавляемым моделям и определяет, какие изменения необходимо внести в конструкцию детали для повышения уровня ее технологичности.

Тема Продолжительность охлаждения отливки в форме

Охлаждение отливок в литейных формах после заливки происходит от температуры заливки до достижения рациональной температуры выбивки. Продолжительность выдержки в форме определяется толщиной стенки отливки, свойствами залитого сплава и литейной формы, температурой выбивки и может быть рассчитана или определена экспериментально.

Зависимость времени остывания расплава (от температуры заливки до температуры начала кристаллизации) от толщины стенок отливки. Время кристаллизации значительно больше, чем время остывания расплава до начала кристаллизации

Это связано с тем, что скрытая теплота кристаллизации больше, чем теплосодержание расплава при остывании примерно на 70°C , а также с тем, что с течением времени плотность теплового потока, поступающего из отливки в литейную форму, уменьшается.

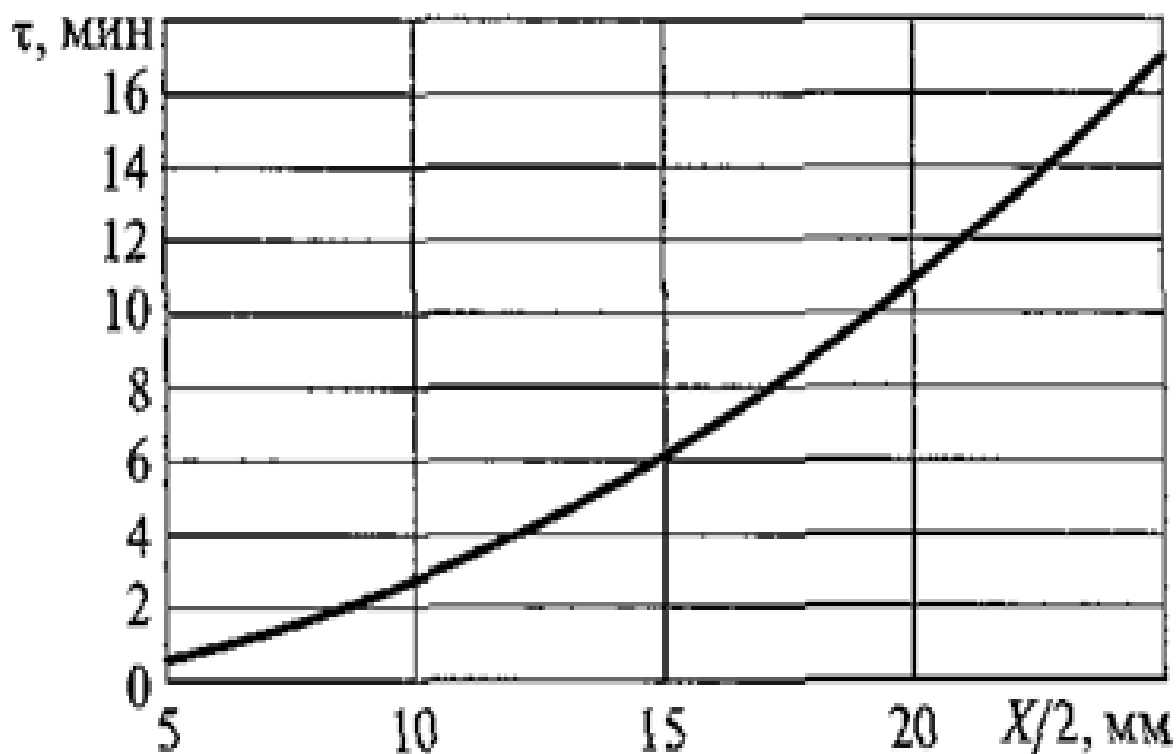


Рисунок 139. Влияние толщины стенки X на время остывания отливки τ от заливки расплава до начала кристаллизации отливки.

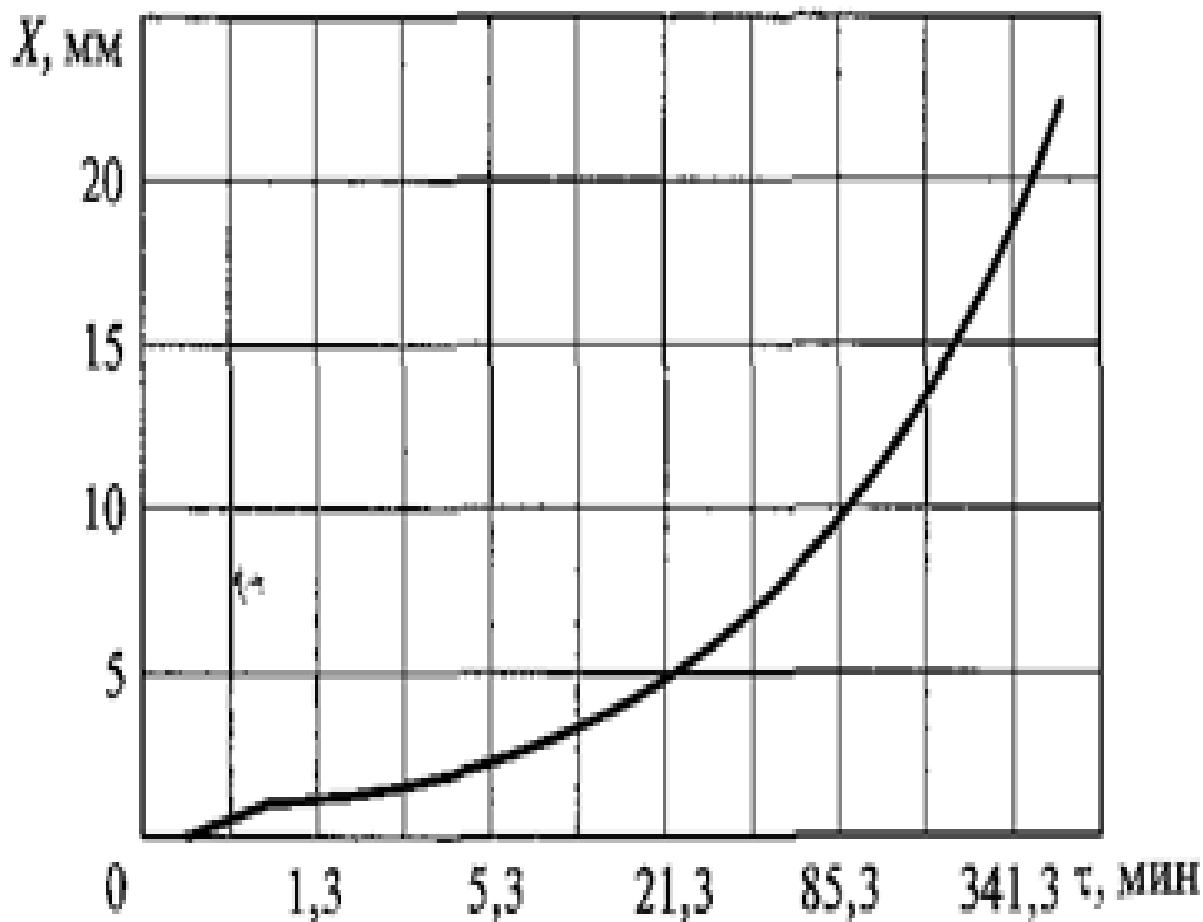


Рисунок 140. Зависимость толщины X кристаллизованного слоя расплава от времени τ

Для сокращения времени охлаждения массивных отливок используют различные методы принудительного охлаждения: обдувают воздухом, в формы при формовке укладывают змеевики, по которым пропускают воздух или воду. На время остывания и количество отведенной теплоты существенное влияние оказывают свойства литейного сплава: теплоемкость, плотность, удельная теплота плавления, температуры заливки, плавления и выбивки.

Скорость отвода теплоты в литейную форму влияет на кристаллизацию металла и размеры образующихся зерен. В начальный период кристаллизации при наибольшей плотности теплового потока образуется мелкозернистая литейная корка. Литейная корка находится в контакте с формовочной смесью, поэтому она, как правило, загрязнена включениями. Затем плотность теплового потока падает и скорость кристаллизации уменьшается. При литье в песчаные формы малая скорость охлаждения отливок обуславливает их крупнозернистую структуру.

Поскольку реальные детали имеют различную толщину стенок, элементов, в первую очередь кристаллизуются и затвердевают более тонкие части детали. Выравнивание процессов затвердевания различных элементов отливок может быть достигнуто с помощью регулирования теплообмена.

С этой целью в литейную форму встраивают обладающие высокой теплопроводностью элементы, называемые *холодильниками*. Холодильники обычно изготавливают из чугуна, реже — из графита, магнезита. Между холодильником и внутренней поверхностью формы оставляют стенку из формовочной смеси, через которую достаточно быстро устанавливается стационарный теплообмен. При этом тепловой поток через стенку зависит от ее толщины.

После затвердевания отливку выдерживают в форме для охлаждения до температуры выбивки. Теплота, содержащаяся в расплавленном металле с учетом скрытой теплоты кристаллизации, при охлаждении отливки до температуры ее выбивки из литейной формы переходит в литейную форму и неравномерно нагревает формовочную смесь. На периферии литейной формы, т.е. вблизи опоки, температура формовочной смеси практически не должна существенно повышаться, поскольку это привело бы к замедлению процесса охлаждения отливки. На внутренней поверхности литейной формы температура формовочной смеси равна температуре выбивки.

Холодильники устанавливают в литейную форму для предупреждения образования усадочных раковин. Механизм действия металлических холодильников заключается в отводе от массивного места затвердевающей отливки большого количества тепла, так как их теплопроводность и теплоемкость больше, чем у песчаной формы. Выравнивая скорость охлаждения массивных толстых и более тонких мест отливки, холодильники снижают вероятность образования в ней усадочных дефектов.

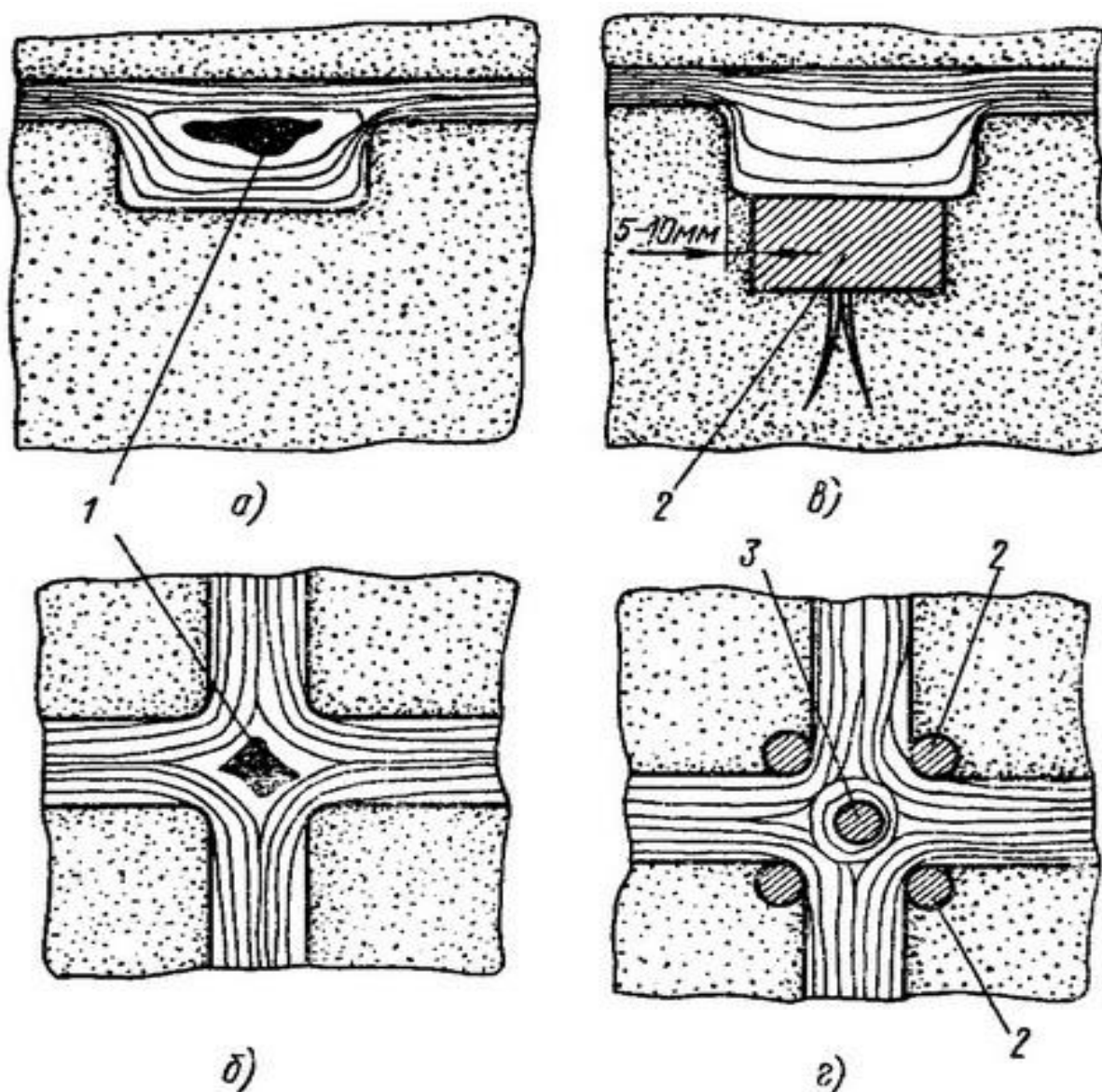


Рисунок 141. Механизм действия холодильников: а, б — формы без холодильников, в — форма с наружными холодильниками, г — форма с наружными и внутренними холодильниками; 1 — усадочная раковина, 2 — наружный холодильник, 3 — внутренний холодильник

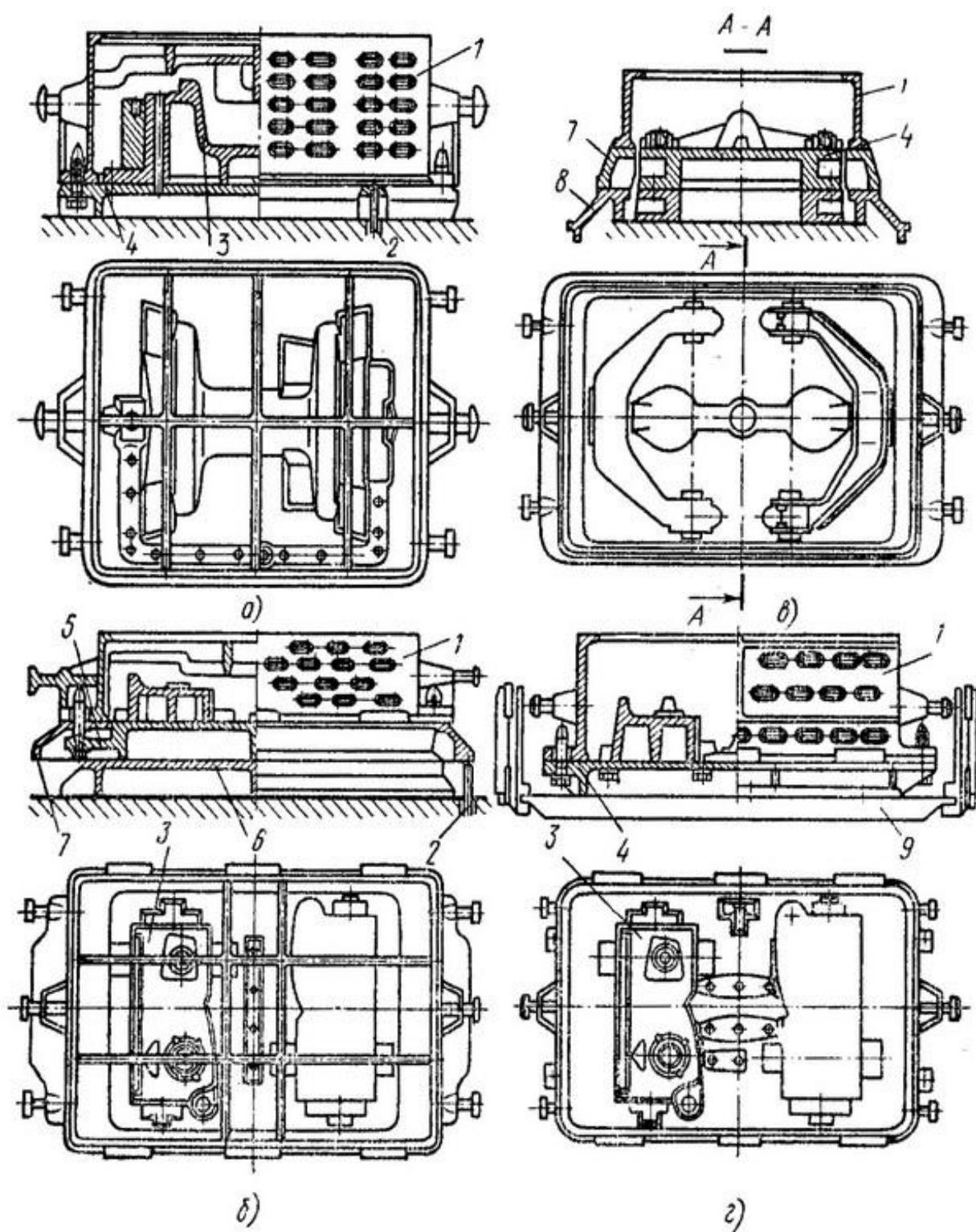


Рисунок 142. Модельные плиты для различных формовочных машин:

а — на машину со штифтовым съемом полуформы, б — с протяжным устройством на машину со штифтовым съемом полуформы, в — с протяжным устройством на машину с рамочным съемом полуформы, г — на машину с поворотным столом; 1 — опока, 2 — штифты, 3 — модель, 4 — модельная плита, 5 — стул, 6 — подстольная плита, 7 — протяжная плита, 8 — рама, 9 — поворотный стол

Конструирование холодильников заключается в установлении их размеров (массы) Обеспечивающих достаточную степень охлаждения массивных мест отливки. Требуемую массу холодильников устанавливают методами теплофизических расчетов, а их размеры — по размерам охлаждаемых мест отливок.

Для чугунных отливок площадь наружного холодильника должна быть меньше охлаждаемой поверхности. Холодильник должен отступать от краев на 5—10 мм, чтобы в углах отливки чугун не отбеливался. Если устанавливается несколько холодильников на данной поверхности, то между ними должны быть зазоры 1,5—2 мм для компенсации их термического расширения. Поверхность холодильника, прилегающая к отливке, должна быть чистой и гладкой. Если форма высушивается, то холодильники окрашивают вместе с формой. На стальных отливках и отливках из цветных сплавов наружные холодильники ставят на всю охлаждаемую поверхность. Толщина холодильника зависит от массы охлаждаемого места.

Внутренние холодильники должны быть чистыми, без ржавчины и следов масла, чтобы хорошо свариваться со сплавом отливки. Масса внутренних холодильников должна составлять не более 10—20% массы отливки. В качестве материала холодильников обычно применяют мягкую углеродистую сталь.