



структура ста-
ного состояния

ва в ЭИК опре-
упругой, упру-
ия и пластиче-

деформация,
толщиной,
протяженно-
слоек по гра-
ов, снижается
личества жид-
К, стремится к
ендриты спо-
ию прочност-
х свойств ста-
температурах.
механических
ИК будет спо-
ие мелкоди-
рой структуры.
ной отливки,
структурой,
противляется
жениям, тем
противление
ю ГТ.

й мелкозер-
верхностной
за счет ис-
альных тех-
дов, способ-
фикации за-
в расплаве,
поверхности
формы в на-
твердевания

УДК 621.745.55:
669.014.76

D.A. Khudokormov,
A.S. Nikolayev

Аннотация

Summary

Чтобы иметь возможность выполнять заказы компаний из дальнего зарубежья, а также для сокращения энергоёмкости производства, в ООО «УАЗ-Металлургия» в 2012...2014 гг. при производстве чугуна ВЧ50 в условиях чугунолитейного цеха (ЧЛЦ) был освоен процесс ковшового модифицирования. ЧЛЦ был ориентирован на производство отливок из чугуна ВЧ50 для автомобильной промышленности с использованием технологии внутриформенного модифицирования. Предполагалось, что некоторое время ковшовое модифицирование будет применяться для ряда отливок вместе с внутриформенным, а в дальней-

О технологии ковшового модифицирования чугуна в условиях ООО «УАЗ-Металлургия»

Ladle inoculation technology for cast iron at OOO UAZ-Metallurgiya

Д.А. Худокормов, А.С. Николаев

Описаны опытные работы по освоению технологии ковшового модифицирования чугуна в условиях чугунолитейного цеха ООО «УАЗ-Металлургия». Показан способ улучшения конструкции ковша с крышкой. Приведены результаты сравнительных испытаний ковшей с крышкой и без крышки.

Ключевые слова

Ковшовое модифицирование, заливочный ковш, высокопрочный чугун.

Described is experimental work on mastering the ladle inoculation for cast iron at OOO UAZ-Metallurgiya's foundry. Shown is a method of improving the design of the ladle with a lid. Results of comparative testing of ladles with and without lid are given.

Key words

Ladle inoculation, pouring ladle, high-strength iron.

шем будет распространено на всю номенклатуру отливок. Одним из требований технического задания проекта было исключение закупки и установки любого дополнительного стационарного оборудования.

Был выбран способ обработки расплава дробленным модификатором типа ФСМг7 в закрытом ковше для модифицирования, который служил бы и транспортировочным ковшем от печи к участку заливки формовочной линии. Приглашенные сторонние специалисты, занимающиеся разработкой и внедрением процессов ковшового модифицирования, дали рекомендации по выбору конструкции

и габаритов такого ковша, а также фракции модификатора. Учитывались возможности крановых тележек, на которые устанавливался ковш, габариты цехового пролета, длина и радиусы крановых монорельсов. Условием начала работы являлась полная приспособленность ковша под существующие условия и процессы транспортировки металла и заливки форм в ЧЛЦ.

Был поставлен ковш закрытого типа, с неотъемной крышкой, скрепленной болтами с корпусом (рисунк, а). В крышке имелась приемная воронка со сливным отверстием и люк для загрузки порции модификатора. Диаметр сливного отверстия приемной воронки был подобран так, чтобы ковш заполнялся металлом за определенное время (~ 2 мин). По проекту, ковш и крышку следовало футеровать наливной бетонной массой по разборному извлекаемому шаблону, а затем соединять крышку с ковшом. На дне ковша футеровкой выполнялась вертикальная перегородка, отделяющая модификатор от первой порции расплава.

При работе следовало открыть люк, засыпать порцию модификатора, закрыть и застопорить люк в закрытом положении (для этого была предусмотрена чека, входящая в уши крышки люка и рамы люка) и транспортировать ковш к печи. Расплав из лётки печи попадал в воронку, а из воронки на дно ковша, до некоторого времени не соприкасаясь с модификатором. В дальнейшем, по мере наполнения, металл переливался через перегородку и заполнял карман с модификатором.

Поскольку люк был к этому времени закрыт на чеку, а воронка наполнена расплавом, продукты сгорания не должны были выбрасываться из ковша. Поступление воздуха извне было затруднено, поэтому должен был быть уменьшен угар сфероидизатора (в нашем случае – Mg). Ковш с металлом транспортировался к участку заливки, наклонялся мотор-редуктором, модифицированный расплав из сливного отверстия воронки попадал в разливочный ковш. При этом, наличие крышки должно было значительно уменьшить охлаждение расплава и улучшить условия труда на участке. Так предполагалось проектом.

Уже первые опытные работы выявили серьезные недостатки такой конструкции. Для наливной футеровки требовался дорогой высокоглинозёмистый бетон с длительным сроком сушки, сложным и энергоёмким режимом прокали перед заливкой. Толщина бетона в стенках, а это – самая большая по площади поверхность ковша, должна быть ≤ 50 мм, в противном случае, в ковш не помещалась заявленная масса расплава.

Толщины же в 50 мм не хватало для надёжной теплоизоляции, поэтому ковш уже после нескольких заливок сильно разогревался. Петли крышки люка и чека заливались металлом и брызгами, соединение крышки люка с рамой становилось неплотным, крышка люка переставала закрываться на чеку. Требовалась постоянная очистка люка, что вызывало длительные простои, а, сама по себе, операция очистки была тяжелой и опасной. Отверстие в воронке было настолько мало, что аккуратно слить расплав из печи в ковш было практически невозможно.

Но главное – пирозэффект с дымом и пламенем все равно был – через неплотно закрывавшийся люк, через воронку, с выплесками металла, забрызгиванием крышки. Кроме того, из ковша было невозможно удалить шлак, поэтому ковш быстро приходил в негодность и требовал ремонта футеровки.

Инженеры ЧЛЦ самостоятельно предложили и выполнили ряд изменений в конструкцию ковша (рисунк, б). Вместо дорогой и сложной литой бетонной футеровки применили набивную из массы ММК (70%) и огнеупорного бетона (30%), формуемую «по-сырому», с последующей сушкой газовой горелкой. Была изменена также конструкция шаблона, чтобы футеровку можно было набивать пневмотрамбовкой.

Набивная футеровка была гораздо дешевле, имела меньшую теплопроводность, извлечение шаблона значительно упростилось, а сушка ускорилась. Диаметр отверстия в воронке увеличили с 40 до 150 мм – ковш стал заполняться металлом быстрее, сливать обработанный расплав в разливочные ковши стало удобнее, появилась возмож-

дизатора (в нашем случае – Mg). Ковш с металлом транспортировался к участку заливки, наклонялся мотор-редуктором, модифицированный расплав из сливного отверстия воронки попадал в разливочный ковш. При этом, наличие крышки должно было значительно уменьшить охлаждение расплава и улучшить условия труда на участке. Так предполагалось проектом.



ность удаления шлака специально сконструированным приспособлением.

Изменили и конструкцию люка. Чеку заменили цепью с крюком, не столь уязвимую при контакте с жидким металлом. Люк снабдили съёмной рукояткой, которая предохраняла рукавицы работающего от возгорания. Установили козырек на крышке, защищающий люк от брызг металла. Именно с таким усовершенствованным ковшом в дальнейшем шло освоение процесса ковшового модифицирования. Но, несмотря на изменения, сделавшие конструкцию пригодной к работе, ковш все равно оставался сложным и опасным в обслуживании, пригодным лишь к проведению опытно-промышленных работ при самом непосредственном участии ИТР цеха. Одна из важнейших задач – защита атмосферы цеха от продуктов реакции Mg – решена не была. О применении в массовом производстве речи быть не могло.

В то же время в ЧЛЦ для транспортировки расплава из печи на участок заливки использовали простые по конструкции открытые ковши, которые футеровали клиновыми огнеупорными изделиями для футеровки вагранок, поэтому шаблоны, смесители и т.п. не требовались. Корпус ковша со стороны футеровки закрывали сухим асбокартонном для уменьшения теплопроводности стенок. Геометрия ковшей была не слишком удачной, с точки зрения теплотехники – глубина была равна диаметру, а значит, площадь «зеркала» металла по отношению к объёму была относительно большой. Но благодаря этому ковш было удобно устанавливать под лёткой печи, легче удалять шлак и ремонтировать футеровку.

Наличие двух симметрично расположенных сливных носков позволяло при износе одного развернуть ковш и использовать второй носок, что в 2 раза увеличивает межремонтное время работы ковша. Представляло интерес испытать такой ковш в качестве реакционно-транспортного вместе с опытным и сравнить степень усвоения Mg, «живучесть» модификатора, визуально оценить пирозффект в обоих ковшах.

Степень усвоения Mg определяли анализом микроструктуры ЧШГ, полученного при одинаковых навесках модификатора. Отобрали по пять проб на микроструктуру из обоих ковшей, чтобы исключить влияние случая. Живучесть модификатора определяли анализом микроструктуры проб, взятых из первой и последней порций обработанного расплава. В обоих случаях от начала реакции отсчитывали 4 мин – столько времени, сколько

требуется, чтобы доставить металл от печи на участок заливки и разлить по заливочным ковшам. Степень усвоения Mg и живучесть модификатора количественно определяли, подсчитывая долю включений графита вермикулярных форм ВГ1...3 (по ГОСТ 3443). В заливочном ковше, заполненном последним, измеряли температуру выпуска металла из печи, зная которую, определяли скорость охлаждения металла в обоих ковшах.

Пирозффект оценивали визуально. Результаты испытаний приведены ниже (А – открытый, Б – закрытый ковш).

Количество включений* ВГ1...3, %		Температура ¹ , °С
А	3 / 10	1470...1482
		1375...1405
Б	8 / 12	1465...1485
		1390...1410

Примечания. 1. Свечение – в случае ковша А – значительное, Б – незначительное. 2. Дымовыделение – значительное при заливке из обоих ковшей.

* В числителе – в первых, в знаменателе – в последних порциях, в среднем, по 5 пробам.

¹ В числителе – до начала разливки, знаменателе – последних порций.

Как видим, усвоение модификатора в обоих случаях – удовлетворительное, обеспечивавшее количество включений вермикулярного графита (ВГ) в пределах «допуска на отклонения в структуре». Живучесть модификатора в проверенном диапазоне времени также достаточна для получения количества включений ВГ в «пределах допуска».

Возможно, в открытом ковше живучесть модификатора меньше, чем в закрытом, но в условиях цеха она превосходит время нахождения металла в ковше в жидком состоянии, поэтому временем живучести модификатора можно пренебречь. По способности сохранять температуру расплава опытный закрытый ковш несколько превосходит открытый, но не настолько, чтобы иметь запас температуры в случае остановки формовочной линии.

Пирозффект наблюдался в обоих случаях. В закрытом ковше свечение было значительно меньшим, но выделение дыма – такое же, как и в открытом, в совершенно недопустимых количествах.

Таким образом, единственным существенным недостатком открытого ковша было свечение, возникавшее при взаимодействии расплава чугуна с

модификатором, а общим недостатком – выделение большого количества дыма, при устранении которого модифицирование в открытом ковше можно применять в производстве.

Ослепляющее действие свечения устранили, оснастив каски машинистов кранов синими откидными светофильтрами, которые достаточно защищают глаза от пламени горения Mg, позволяя в то же время контролировать уровень металла в ковше, и не мешают управлению краном.

Для удаления же дыма из зоны обработки расплава установили местную вытяжную вентиляцию, присоединив воздухопроводы к вытяжной системе плавильных печей. Конструктивно вытяжная система печей расположена вблизи зоны обработки расплава, действует постоянно и имеет достаточную мощность, допускающую присоединение дополнительных отводов.

После устранения этих недостатков технология ковшового модифицирования в открытом ковше была использована в производстве. На этот момент навеска модификатора, загружаемого в открытый ковш, составляла 1,5% от массы жидкого металла, столько же, сколько было рекомендовано при первых испытаниях закрытого ковша. В качестве шихтовых материалов в ЧЛЦ ООО «УАЗ-Металлургия» используется возврат собственного производства ВЧ50 и пакетированный стальной лом отходов прессового производства. Поэтому содержание S, P и других нежелательных примесей в базовом расплаве невелико, что дает возможность в дальнейшем вести опытные работы, направленные на

сокращение расходов дорогостоящего сфероидизирующего модификатора.

Выводы

- Сравнительные испытания процессов ковшового модифицирования в открытом и закрытом ковшах показали, что при наличии эффективной системы удаления дыма открытый ковш надежнее в работе, значительно проще и дешевле в обслуживании и ремонте, не требует введения рабочих единиц, занятых обслуживанием ковша, и может обеспечить надлежащее качество получаемого ЧШГ.

- Все характеристики технологического процесса модифицирования, как-то – температура расплава, количество сфероидизирующего модификатора и способ графитизирующей обработки, применимы без изменений как для открытого, так и для закрытого ковша.

Сведения об авторах

Николаев Александр Сергеевич – аспирант Ульяновского госуниверситета, начальник металлургического производства АО «Авиастар-СП», г. Ульяновск.

Худокормов Дмитрий Андреевич – канд. техн. наук, техн. директор ООО «Модуль», г. Ульяновск.

Анонс!

В журнале «Библиотечка литейщика» читайте подборки материалов, посвященных:

- К 85-летию **Виталия Петровича Полищука** и 80-летию **Бронислава Сергеевича Красавина** – в №11, 2016 г.;
- К 100-летию **Бориса Израилевича Медовара** и 90-летию **Геннадия Федоровича Баландина** – в №12, 2016 гг.

Журналы можно приобрести в редакции. Цена: печатной (электронной) версии – 300 (200) руб.; комплекта журналов «Литейное производство» и «Библиотечка литейщика» – 800 (650) руб.