

УДК 669.131.621: 631.745.35

- Д.А. Худокормов, А.С. Николаев
- D.A. Khudokormov, A.S. Nikolaev

Приведено сравнение усвоения углерода расплавом чугуна при плавке в индукционных печах вместимостью 1 и 8 т. Показана нецелесообразность металлургической обработки чугуна в индукционных печах для повышения содержания углерода.

Ключевые слова

Плавка чугуна, индукционная печь, шихтовые материалы, углерод в чугуне.

АННОТАЦИЯ

SUMMARY

Carbon assimilation by iron melt at melting in induction furnaces with 1-ton and 8-ton capacity is compared. Expediency of metallurgical processing of iron in induction furnaces to increase carbon content is shown.

Key words

iron melting, induction furnace, charge materials, carbon in cast iron.

Особенности процессов науглероживания расплава чугуна в индукционной печи

Peculiarities of processes of carburizing iron melt in an induction furnace

Управление химсоставом сплава – важная и сложная практическая задача. Например, при изготовлении отливок из чугуна часто требуется обеспечить получение чугуна разных марок, используя ограниченный набор шихтовых материалов. Для высокопрочных чугунов (ВЧ) эта задача решается легированием расплава. Введение в расплав распространенных материалов, например, Mn, Cu и Ni в разных количествах и соотношениях позволяет получить широкий диапазон свойств, характерных для марок ВЧ50 и выше.

Сложнее обстоит дело в производстве серого чугуна (СЧ). Как известно, в СЧ прочность при растяжении и твердость не связаны между собой, в отличие от ВЧ. В конструкционных СЧ основная составляющая, определяющая одновременно прочность при растяжении и твердость, это углерод, от количества которого зависит количество включений пластинчатого графита. Именно пластинчатый графит определяет прочностные свойства чугуна.

Следовательно, регулирование содержания С – важнейший, а в большинстве случаев и единственный, способ получить СЧ той или иной марки. Задача изменить содержание С в СЧ сложнее, чем, например в стали, поскольку самого углерода в СЧ содержится почти в 10

раз больше. Соответственно, и изменения должны быть значительно большими, чем для стали.

Например, в СЧ10 содержание углерода может находиться в пределах 3,8...3,5%, а в следующем за ним по возрастанию прочности СЧ20 – уже только 3,2...3,4%. Разница в содержании С в 0,35% в сталеплавильном производстве значительная, а в чугунолитейном – очень небольшая. Простой расчет показывает, что для корректировки химсостава СЧ изменение соотношения шихтовых материалов должно быть в разы большим, чем для стали.

Рассмотрим регулирование содержания С в чугуне в условиях производства. Сегодня наиболее распространенный плавильный агрегат во многих цехах и участках производства чугуновых отливок – индукционная печь. Но проведение в ней металлургических операций крайне затруднено, поэтому уменьшение содержания химических элементов в расплаве достигается только его разбавлением теми компонентами шихты, где их содержание меньше, а увеличение – введением в расплав элементов в чистом виде, с помощью лигатур, либо с компонентами шихты, где содержание требуемых элементов больше.

Например, чтобы уменьшить содержание Mn или Si в расплаве СЧ, в расплав добавляют стальной лом, в котором их содержание меньше, а чтобы увеличить, добавляют ферросилиций и ферромарганец, введение которых вместо чистых элементов проще в исполнении, облегчает процесс усвоения Si и Mn расплавом чугуна, уменьшает угар элементов.

Применительно к изменению содержания С, можно действовать подобным же образом, за исключением того, что не существует Fe–С-лигатуры. Вместо нее может быть использован перепельный чугун, в котором содержится 4...4,5% С. Это – практический предел по насыщению Fe углеродом.

Получение перепельного чугуна возможно только в доменной печи. Но даже 4% – очень незначительная величина. Например,

чтобы в 100 кг расплава увеличить содержание С на 0,1%, нужно заменить 2,5 кг приготовленного расплава не менее, чем 2,5 кг перепельного чугуна, который значительно дороже чугуна, а при удаленности литейного цеха от металлургического комбината снабжение перепельным чугуном серьезно затруднено.

Поэтому чаще всего увеличить содержания С при плавке чугунов стараются введением чистого графита или графито-стружечных брикетов.

Известно, что расплав чугуна в химическом отношении малоактивен, особенно, в усвоении С. Графит в любом виде легче чугуна, быстро всплывает и смешивается с малоподвижным холодным шлаком индукционной плавки. Поэтому важно не то, сколько введено графита в расплав, а сколько его этот расплав усвоил. В ходе промышленных исследований влияния размеров печи и способа подачи графита в расплав на степень усвоения С расплавом в расплав чугуна вводили графит – искусственный измельченный типа ГИИ-Б и электродный бой.

Опыты проводили в 1- и 8-т индукционных печах средней частоты, футерованных кварцитом. Форма тигля, а именно, отношение глубины тигля к его диаметру – в обоих случаях было одинаково: 1-т тигель имел глубину 1000 мм при Ø490 мм, а 8-т тигель, соответственно, 2050 и 900 мм. Продолжительность плавки в обоих случаях была практически одинакова ~ 60 мин, с незначительными изменениями в большую или меньшую сторону. В обоих случаях содержание С в исходной металлозавалке было 3,20...3,35%, т.е. соответствовало содержанию С в чугуне СЧ20.

Требовалось выплавить чугун СЧ10, т.е. обеспечить в расплаве 3,50...3,70% углерода, усвоение которого расплавом определяли, вычисляя коэффициент усвоения $K_y = \frac{C_{\text{действ}}}{C_{\text{расч}}}$, где $C_{\text{действ}}$ – изменение содержания С по данным анализа плавки и $C_{\text{расч}}$ – расчетное изменение содержания С, без поправки на усвоение. Результаты исследований см. ниже.

Особенности опыта	K_y
1. Графит ГИИ фракцией 1...5 мм разделен на две равные части: одна — загружена на дно, другая — в твердую металлозавалку	0,51 / 0,78
2. Одна часть загружена в твердую металлозавалку, другая замешана в готовый расплав с последующей выдержкой 10 мин	0,42 / 0,65
3. Вместо графита ГИИ использован бой электродов. Крупность кусков — 20...50 мм: введение соответствовало п. 1	0,27 / 0,39
4. введение соответствовало п. 2	0,14 / 0,31
5. В твердую завалку, равномерно в ходе плавки, загружен: весь графит ГИИ	0,48 / 0,79
6. весь бой электродов	0,23 / 0,41

Примечание. В числителе — 1-т печь, знаменателе — 8-т.

Видно, что усвоение С расплавом зависит от способа его введения в расплав, от вида графита, но общая закономерность очевидна — чем больше тигель индукционной печи, тем лучше в ней расплав усваивает С. Применительно к проведенным опытам, можно предположить, что в печи с большим тиглем шихта укладывается плотнее, металлозавалка становится более однородной, поскольку 8-т тигель больше не только в абсолютном значении, но и относительно крупности кусков шихты. Если куски шихты способны образовывать «мост» в 1-т тигле, то в 8-т тигле куски шихты такого же размера «мост» уже не образуют, что подтверждается на практике — для наплавления всего объема 1-т тигля приходилось делать 5...7 металлозавалок, тогда как в 8-т тигле — 3...4.

Представляет практический интерес также исследовать восприимчивость расплава чугуна с разным содержанием С к насыщению его новым количеством. Такая работа в настоящем исследовании не проводилась, но можно предположить, что, чем больше в расплаве содержится С, тем труднее расплав будет воспринимать его новые порции из

графита. Соответственно, проще всего насытить углеродом сталь.

В ряде случаев удается разработать и осуществить техпроцесс, при котором сталь может принять столько С, что начнет соответствовать чугуну СЧ20, т.е. 3,2...3,4%. Дальнейшее насыщение при индукционной плавке уже сопряжено со значительными трудностями. Для получения приемлемого усвоения С приходится разрабатывать специальные способы загрузки графита в металлозавалку, использовать графит определенного вида.

Как показано выше, небольшой коэффициент усвоения углерода в 1-т печи, что даже в самом благоприятном случае указывает на значительные объемы шлака, состоящего, в основном, из неусвоенного графита. Шлак, смешавшийся с большим количеством измельченного графита, полностью удалить трудно, такой шлак очень подвижен, попадает в ковш при сливе металла, далее — в литейную форму, в результате чего отливки оказываются пораженными неметаллическими включениями.

Поэтому в небольших индукционных печах проводить металлургическую обработку расплава для повышения содержания С нецелесообразно. Это вызывает повышенный расход графита, инструмента, применяемого для съема шлака, увеличивает затраты труда, снижает производительность печи и может привести к браку отливок по засорам. В таких случаях, вместо чистого графита разных видов, лучше использовать передельный чугун или возврат с нужным содержанием графита. Увеличение стоимости металлозавалки окупится увеличением производительности плавильного агрегата и устойчивым получением отливок с требуемыми свойствами и незначительным уровнем брака.

Сведения об авторах

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

Николаев Александр Сергеевич — аспирант, начальник металлургического производства АО «Авиастар — СП», г. Ульяновск.