

Применение науглероживателей при выплавке высокопрочного чугуна в электродуговых печах

А.В.Зыбина

*Казанский национальный исследовательский технический университет им.
А.Н. Туполева - КАИ, г. Набережные Челны, Россия
SPIN-код: 2050-3846*

Аннотации. В статье рассмотрены вопросы применения науглероживателей при производстве чугунных заготовок. Обоснованы условия и методы их применения в действующем производстве высокопрочного чугуна ВЧ50 в электродуговых печах. Определены основные режимы и характеристики производства. Даны рекомендации по применению карбюризации в производстве.

Ключевые слова. Науглероживание чугуна, карбюризация, электродуговая печь, выплавка чугуна.

Для выплавки высокопрочного чугуна в основном используется дуплекс-процесс: это дуговая трёхфазная электрическая печь плавки переменного тока промышленной частоты мощностью 35 Мегаватт в комплексе с дуговой трёхфазной электрической печью выдержки переменного тока промышленной частоты мощностью 7,5 Мегаватт.

Шихта, которая применяется для выплавки высокопрочных чугунов как правило содержит менее 50 % высокоуглеродистых материалов, вследствие чего возникает необходимость в науглероживании (карбюризации). [1]

Науглероживание расплавленного металла это один из важнейших процессов выплавки чугуна. Изучению процесса науглероживания чугуна в мощных электродуговых печах переменного тока изучен крайне слабо, т.к. такие печи применяются в основном для выплавки сталей, где процесс карбюризации не представляет больших трудностей. Кроме того, следует отметить, что особенностью высокопрочного чугуна на литейных предприятиях является достаточно высокий уровень содержания углерода (3,85-4,05%). [2]

В процессе развития и вывода технико-экономических показателей на более высокий уровень возникает необходимость по определению оптимального науглероживателя. В последние года проводятся немало исследовательских работ по определению материала, удовлетворяющего всем требованиям литейных производств. К общим требованиям к науглероживателям можно отнести: обеспечение высокого усвоения углерода, постоянство качества продукта и снижение экономических показателей получения чугуна при использовании материала.

Для проведения исследовательских работ выбираются несколько групп карбюризаторов, а именно кокс (содержание углерода не менее 75 %, золы не

более 15%), термоантрацит (углерод - не менее 91%, зола – не более 5 %), отходы электродной промышленности на органической связке (графит) (углерод - не менее 97%, зола – не более 3 %) и специально переработанный графит (углерод - не менее 99,5%, зола – не более 0,03 %). [3]

Проведенные исследования показали, что чем выше содержание углерода в материале и меньше зольность, тем выше степень усвоения углерода. У кокса усвоение углерода 52,6 %, у термоантрацита – 58,98 %, у графита – 70,24 %, а у переработанного графита – 92,92 %.

Кроме того, изменяются показатели потребления электроэнергии и время ведения плавки. У кокса удельный расход электроэнергии составляет – 707 кВт/час на 1 тонну жидкого металла, время расплава – 160 минут. У термоантрацита удельный расход электроэнергии составляет – 739 кВт/час на 1 тонну жидкого металла, время расплава – 136 минут. У графита удельный расход электроэнергии составляет – 613 кВт/час на 1 тонну жидкого металла, время расплава – 111 минут, а у переработанного графита удельный расход электроэнергии составляет – 535 кВт/час на 1 тонну жидкого металла, время расплава – 105 минут. [4]

В процессе плавки с материалами кокс и термоантрацит, после расплавления твердой шихты, увеличивается температура рабочей атмосферы печи - накалялась до белого оттенка за счет горения вышеуказанных материалов в зоне дуги. По анализу шлака можно определить, что карбюризаторы всплывают над шлаком и под действием дуги начинают активно окисляться с выделением большого количества тепла. Данный факт негативно сказывается на стойкость огнеупорных материалов, которые не рассчитаны на подобные температуры.

Наиболее оптимальными для получения чугуна с шаровидной и вермикулярной формой графита с технологической точки зрения являются такие материалы как отходы электродной промышленности на органической связке (графит) и специально переработанный графит. Кокс и термоантрацит лучше всего использовать для получения чугунов с невысоким содержанием углерода в расплаве.[5]

В последнее время имеются подтверждения, что для производства чугуна с вермикулярным и шаровидным графитом целесообразно использовать науглероживатели класса графит с содержанием углерода не менее 97%, обеспечивающих оптимальную эффективность и технико-экономические показатели применения для получения расплавов с высоким содержанием углерода.

Традиционное науглероживание ванны электродным боем, коксом – процесс очень медленный, трудоемкий с низкой эффективностью использования углерода этих материалов, т.к. кусковые карбюризаторы оказываются в шлаке. При этом наблюдается уменьшение скорости прогрева ванны и как следствие дополнительные затраты тепла и времени ведения плавки. [6]

Для подбора более быстрого и эффективного способа науглероживания металла разными исследователями проводились опыты по подаче

карбонизаторов в порошкообразном виде в струе газа-носителя прямо в металл, минуя слой шлака, с помощью инжекционных установок. Опытные работы выполнялись в печах плавки, объемом от 20 до 60 т, порошок, содержащий углерод, приготовленный из боя графитированных электродов, подавался в ванну в струе сжатого воздуха.

Для опытных работ были выбраны четыре типа карбюраторов, а именно активированный графитовый модификатор (углерод - не менее 97%, зола – не более 1,94 %), отходы электродной промышленности (углерод - не менее 97%, зола – не более 2,65 %) и науглероживатели, предназначенные для повышения углерода в чугунах (углерод - не менее 99,1 % и 99,7 %, зола – не более 0,4 % и 0,25 %). [7]

Стоит отметить, что отходы электродной промышленности вследствие гранулометрического состава оказался мало пригодными по причине повышенного пылеобразования при загрузке в установку пневмотранспорта.

В результате опытных работ было установлено, что наиболее оптимальным по результатам увеличения углерода оказались такие материалы как активированный графитовый модификатор и науглероживатели.

Было также отмечено, что с повышением температуры металла и снижением количества вдуваемого материала усвоение углерода увеличивалось. Данные исследовательские работы, показали, что способ скоростного науглероживания металла вдуванием порошков-карбонизаторов струей сжатого воздуха позволяет в течении нескольких минут (в среднем 3 мин.) повысить содержание углерода в расплавленной металлической ванне на 0,3-0,4%. Кроме того, удалось выяснить, что при концентрации углерода в металле перед продувкой менее 0,3% коэффициент использования вдуваемого порошка снижается, и тем больше, чем ниже содержание углерода, растворенного в металле, перед вдуванием.

Основные достоинства инжекционного ввода науглероживателя:

- большая скорость усвоения содержания углерода в расплавленном металле, что составляет 0,25% в течение 10 минут;
- улучшение технико-экономических показателей выплавки металла, цикл плавки сокращается на 7 минут;
- снижение запыленности атмосферы рабочей зоны.

Основные параметры, определяющие конечный эффективный результат скоростного науглероживания следующие:

- увеличение температуры жидкой ванны перед началом науглероживания, приводит к повышению усвоения карбюратора;
- содержание углерода в металле перед вдуванием.
- глубина погружения трубы для ввода материала в металл. Степень усвоения углерода при прочих равных условиях является функцией глубины погружения трубы, описываемой обратно пропорциональной зависимостью.

Для условий конкретного предприятия большинство параметров, таких как несущий газ и его влажность, потери давления на трассе подачи порошкообразных материалов, окислительная способность печи, состав шлака, его масса и физическое состояние, остаются постоянными, а отклонение от

средних значений достаточно стабильными. В соответствии с этим основными переменными факторами остаются температура и содержание углерода в металле перед вдуванием. [8]

Таким образом, удельный расход порошкообразного графита для получения необходимого прироста углерода определяется содержанием углерода, растворенного в жидком металле. При этом следует отметить, что все ранее проведенные работы касались науглероживания стали. Для чугуна вопрос инъекционного ввода является более актуальным в части снижения материал- и энергоемкости производства.

При инъекционном науглероживании чугуна по сравнению с карбюризацией кусковым материалом, вводимым в металлозавалку в микроструктуре заготовок для деталей автомобиля из высокопрочного чугуна таких как «Картер редуктора заднего моста», «Ступица переднего колеса», «Ступица заднего колеса», «Колодка тормозная» наблюдается увеличение количества графитовых включений при уменьшении их размеров, и как следствие увеличение прочностных характеристик чугунных заготовок до 56-63 кгс/мм² при нормативе не менее 50 кгс/мм². (Рис.1)

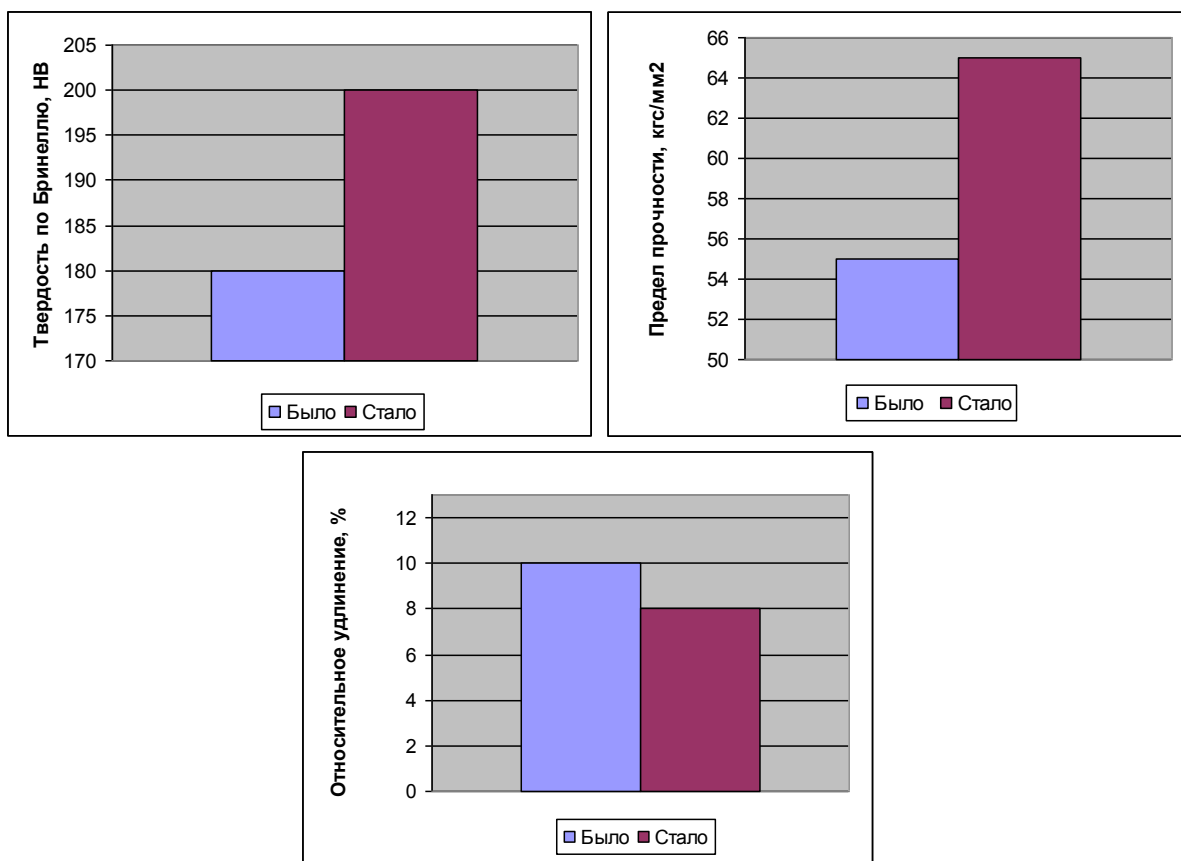


Рисунок 1 – Сравнительные характеристики заготовок

Таким образом, полученные результаты подтверждают перспективность дальнейших работ в направлении изменения существующей технологии получения исходного чугуна в части доводки жидкого металла по углероду путем инъекции углеродосодержащего материала в расплав с целью

повышения механических свойств изделий из высокопрочного и вермикулярного чугунов.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Савин И.А.

Библиографический список

1. A.V. Shaparev and I. Savin, "Calculation of the Amount of the Reduction Required for the Formation of Compound Layers during Cold Rolling of Bimetals", *Materials Science Forum*, Vol. 870, pp. 328-333, 2016
2. Савин И.А., Марков В.В., Нищенков А.В., Плохов С.В. Методика теоретического расчета поверхностного натяжения металлических расплавов на основе физической модели энергетического состояния жидкости // "Справочник. Инженерный журнал" (с приложением) М.-2014. -№ 5. с.48-52
3. Savin I.A. Determination of the effectiveness of the use of robotic systems in mechanical engineering//*European Journal of Natural History*. 2016. № 3. С. 94-97
4. Сафронов Н.Н., Савин И.А., Мингалеева Л.Б. Оптимизация состава шихты процесса СВС при получении ферросилида из дисперсных отходов машиностроения//*Черные металлы*. 2018, №2. с.53-59
5. Шапарев А.В., Савин И.А., Птичкин С.Н. Производство кронштейнов грузовых автомобилей с использованием лазерных технологий: монография/ Шапарев А.В., Савин И.А. Птичкин С.Н. Курск: Из-во «Университетская книга», 2018г. -258с.
6. Gavariiev R. V., Savin I. A., Leushin I. O. Impact of the functional coating on service durability of injection molds for the zinc alloys pressure casting. (2016) *Tsvetnye Metally = Non-ferrous Metals* No. 1. pp. 66-70 DOI 10.17580/tsm.2016.01.11
7. Савин И.А., Леушин И.О., Ульянов В.А., Леушина Л.И. Теоретическая оценка трещиностойкости оболочковых форм точного литья, изготовленных с применением технологии низкотемпературного прокаливания//*Справочник. Инженерный журнал с приложением*. М.2015. № 9 (222). с. 3-5.
8. Гавариев Р.В., Савин И.А. Исследование качества поверхности отливок цветных металлов получаемых литьем под давлением: монография/Гавариев Р.В., Савин И.А., Курск: Из-во «Университетская книга», 2017, -236с.