

Разработанная методика синтеза МГ из нефтяного кокса в условиях СВС процесса позволяет получать большие объемы материала (уже развернуто производство до 10 кг/мес.), высокого качества (не более 5 слоев, без дефектов Стоуна-Уэльса), который может использоваться для решения экологических проблем, возникающих при добыче полезных ископаемых.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №23-79-10254.

УДК 669

Карпинчик Е.В., Южик Л.И., Агабеков В.Е.
(Институт химии новых материалов НАН Беларуси)
Марукович Е.И., Груша В.П., Бевза В.Ф.
(Институт технологии металлов НАН Беларуси)

ОТХОДЫ КАРБИДА КРЕМНИЯ В КАЧЕСТВЕ РАСКИСЛЯЮЩЕЙ И ЛЕГИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ПРИ ВЫПЛАВКЕ СТАЛЕЙ

Действующая технология производства стали предусматривает при выпуске металла из сталеплавильного агрегата в ковш предварительное его раскисление. Для этой цели используют ферросилиций, чушковый алюминий, силикокальций.

В качестве альтернативы ферросилицию (FeSi) прогрессивная технология выплавки чугуна и стали предлагает карбид кремния (SiC, карборунд) [1]. SiC используют в виде гранул диаметром не менее 10 мм. Для их изготовления подбирают такое связующее, которое при попадании в расплав металла или шлак, гранулы или брикеты карбида кремния разрушались под воздействием термоудара, что определяет технологически оптимальную скорость растворения добавки. Преимущество карбида кремния по сравнению с ферросилицием состоит в том, что он не содержит газовых включений, неметаллических компонентов и примесей цветных металлов, обеспечивает эффективное выделение элементного углерода в расплаве, образуя в нём центры графитизации, снижающие отбел.

В известных технологиях реализуется свойство SiC растворяться при взаимодействии с жидким металлом с ассимиляцией Si и C в расплав при температурах плавления металла. Процесс растворения зерен SiC при температуре 1250 °С происходит в течение 1-2 минут. Кремний образует с железом раствор, углерод выделяется в виде вторичного графита. В результате увеличивается количество зародышей графита, что

способствует его диспергированию и более равномерному распределению в матрице. Выделение большого количества тепла при растворении SiC способствует максимальному усвоению свободного углерода, находящегося в смеси, и компенсирует тепловые потери расплава на его усвоение. Для выплавки железоуглеродистых сплавов в индукционных печах можно использовать карбид кремния металлургический и/или его шламы совместно с термообработанным углеродсодержащим материалом электродного производства и/или графитом [2].

Скорость и полнота усвоения углерода жидким металлом зависит от дисперсного состояния легирующей добавки. В способе [3] предложено раскисление производить карбидом кремния с фракцией 0,1–10 мм, содержащего 80–90 мас.% SiC, внепечной обработкой стали при выпуске расплава из сталеплавильного агрегата в ковш. Диапазон используемых фракций раскислителя в указанных размерах гранул объясняется закономерностями его взаимодействия с расплавом: при меньших значениях происходит его вынос из зоны реакции, при больших – ухудшаются условия взаимодействия с расплавом. Вследствие выделения тепла от взаимодействия карбида кремния и высокой свободной поверхностной энергии гранулированного науглероживателя достигается высокая и стабильная скорость усвоения углерода жидким металлом.

В настоящее время брикетированный карбид кремния успешно используется в литейном производстве взамен дорогостоящих ферросплавов. Он эффективно снижает отбел в отливках, улучшает их структуру, повышает жидкотекучесть расплава. Масштабы его применения постоянно расширяются. При этом как брикеты, так и смесевые составы изготавливаются из SiC с размером зерен не менее десятых долей миллиметра. В то же время, в электронной промышленности имеется значительное количество отходов, содержащих карбид кремния в ультрадисперсном состоянии (УДП КК) с размером частиц в пределах 8–10 микрометров в виде осадка, выделенного по разработанному способу [4] из отработанной его суспензии в полиэтиленгликоле. Его состав следующий, мас. %: элементный кремний 15,0–35,0; железо – 5–2,0; органические примеси 2,0–3,2; SiC – остальное. В нем нет компонентов, препятствующих использованию этого материала в металлургии, однако, сведения о такой практике отсутствуют. Главным препятствием в этом направлении является его высокая дисперсность чем объясняется трудность введения такого порошка в расплав.

В настоящей работе для обеспечения возможности использования в литейном производстве этой высокодисперсной добавки, исключаяющей её потери при введении в расплав из-за пылеуноса, была применена методика подачи модификатора на струю металла непосредственно при выдаче стали из печи с использованием агрегатов печь-ковш.

Несомненными преимуществами SiC, регенерированного в виде ультрадисперсного порошка, для легирования стали является отсутствие в нем вредных примесей, присутствующих в других его формах (цветные металлы, неметаллические включения, растворенные газы, сера, фосфор и др), а также открывающаяся возможность использования в технологии внепечной обработки стали. Связано это с тем, что прекурсорами в его получении являются материалы высокой степени чистоты, предназначенные для электронной промышленности, а технологический процесс не сопровождается внесением вредных для металлургии компонентов. Таким образом, от применения в металлургическом процессе предложенной модифицирующей добавки следует ожидать улучшения качественных показателей выплавляемого металла. Кроме того, УДП КК обладает свойством оказывать на расплав комплексное воздействие: при его введении одновременно решаются задачи как раскисления металла, так и его высокоэффективного легирования кремнием. В отличие от известных решений аналогичной задачи с использованием для этой цели материалов, содержащих только карбид кремния, применение УДП КК в металлургии позволяет за счёт содержания в нём элементного кремния достичь существенно более значительного легирующего эффекта, поскольку в известных этот компонент в такой химической форме отсутствует. Наконец, ультрадисперсное состояние обеспечивает практически мгновенное его усвоение расплавом.

Эффективность предложенной комплексной добавки в металлургическом процессе проверялась путём приготовления расплава железа с использованием установки индукционного нагрева. Малогабаритный плавильный узел включал индуктор и шамотный тигель емкостью 1 кг по металлу. В качестве шихтовых материалов для приготовления расплава чугуна использовали обрезки конструкционной среднеуглеродистой стали (сталь 40), отходы ультрадисперсного порошка карбида кремния, выделенного из отработанной его суспензии, бой электродного графита, ферромарганец (ФМн72). Для приготовления расплава чугуна использовали стальной лом.

Подготовка шихтовых материалов для проведения предварительных экспериментов заключалась в следующем. Из обрезков стального прутка Ø35 мм была изготовлена партия глухонных контейнеров высотой 150 мм. Масса одного контейнера составляла 720 г.

В контейнер в виде цилиндра Ø22 мм глубиной 120 мм закладывалась навеска УДП КК в количестве 25, 30, 35 и 40 г. Для предотвращения его высыпания при закладке контейнера в тигель шихта уплотнялась при помощи ручного винтового пресса.

Кроме того, в каждый состав шихты для науглероживания добавляли 15 г электродного графита и по 5 г ферромарганца, что соответствовало

содержанию его в расплаве 0,7–0,9 %. Бой электродного графита и ферромарганец укладывался на дно тигля, после чего дном кверху устанавливался контейнер с УДП КК.

Разливку металла осуществляли в графитовую форму. Для оценки макроструктуры использовали клиновидные пробы, отлитые в разовых песчано-смоляных формах из холодно твердеющих смесей. Анализ химического состава проводили с использованием оптико-эмиссионного спектрометра «GNR» с программным обеспечением «Metallab 32». Для получения шлифов применялась однодисковая шлифовально-полировальная машина «Mecattech 234» с варьируемой скоростью вращения и автоматическим держателем образцов.

Твердость по методу Роквелла определяли на твердоме TP 5014-01, микротвердость – на микротвердоме ZwickRoell Indentel ZHV-1M при нагрузке 10 г и продолжительности нагружения 5 сек.

Для оценки зернистости порошка, анализа микроструктуры и распределения элементов использовали сканирующий электронный микроскоп, оснащенный системой микроанализа от Oxford Instruments «INCAx-act». Исследования микроструктуры проводились на увеличениях от 100 до 1000 при помощи оптических микроскопов MicroSkrin и Leica.

В таблице 1 приведено содержание углерода, кремния и марганца в шихтах для получения образцов сравнения и экспериментальных.

Таблица 1 – Химический состав шихт

Образец	Содержание, %		
	C	Si	Mn
О Образец сравнения	0,42	0,24	0,62
Эк Экспериментальный образец	1,33	2,95	0,57

Анализ химического состава образцов, полученных в результате экспериментальной плавки, показал увеличение углерода в 3, кремния – 12 раз. Твёрдость возросла в 1,5 раза по сравнению с аналогичными показателями в образцах сравнения и составила 346-363 НВ.

Для выявления причины повышения твердости экспериментальных образцов проведен сравнительный их анализ по показателю микротвёрдости.

Установлено, что структура стали перлитоферритная. Перлит имеет твердость по Виккерсу 230-250 НВ, феррит – 160-185 НВ. Структура образца, полученного в ходе экспериментальной плавки с добавлением УДП КК, представляет собой перлитную матрицу металла с включениями цементита, имеющего значения твердости 650-750 НВ. Твердость перлита в пределах 280-380 НВ. Твердость полученных экспериментальных

образцов синтетического чугуна составила 269-285 HV. Микроструктура представляет собой мелкодисперсный перлит с колониями междендритного графита.

Таким образом, предложенный модификатор [5] способствует увеличению доли цементита в металле, следовательно, увеличивает его твёрдость. Использование его при выплавке черных металлов вносит в их состав как углерод, так и кремний, т.е. является комплексным модификатором, что позволяет получать чугуны и стали с заранее заданными физико-механическими свойствам прямым путем из стального лома.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соболев В.Ф., Мишкевич М.Г. Прогрессивная технология выплавки чугуна с заменой ферросилиция карбидом кремния // Сталь. – 2015. – №2. – С. 67–68.

2. Гасик М.И., Подольчук А.Д., Дервянко И.В., Овчарук А.Н., Гацуро В.М. Выплавка синтетических чугунов на шихте, содержащей углерод-карбидкремниевые материалы УККС // Металлургия машиностроения. 2013. – №4. С. 02-04.

3. Балдаев Б.Я, Горшков С.П., Жиленко С.Д. и др. Способ внепечной обработки стали в ковше. Пат. RU №2395589.

4. Карпинчик Е.В., Агабеков В.Е., Южик Л.И. Способ получения карбида кремния. Пат. РБ №24020 С01.

5. Карпинчик Е.В., Агабеков В.Е., Южик Л.И., Груша В.П., Марукович Е.И., Бевза В.Ф. Способ внепечной обработки железоуглеродистого сплава Пат РБ №24086 С01.

УДК 666.616; 552.11

Баранцева С.Е., Климош Ю.А.

(Белорусский государственный технологический университет)

Качанко Г.Б.

(ГП «НПЦ по геологии»)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВ НОВОДВОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН И СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В результате проведенных геологоразведочных работ в 2023 г. выполнена детальная разведка Новодворского месторождения базальтов и туфов – первого и единственного месторождения данного сырья