

Анотація

Куркострига І. О., Соценко О. В.

Вплив складу шихти на форму графіту в сортопрокатних валках

Досліджено вплив складу шихти з різним співвідношенням компонентів на твердість і форму графіту у виливках сортопрокатних валків з високоміцного чавуну з невираженим вибілом. Використання у складі шихти лому валків з пластинчастим і кулястим графітом при високому перегріві розплаву в печі не знижує ступеня компактності кулястого графіту у валках.

Ключові слова

шихтові матеріали, прокатні валки, високоміцний чавун, кулястий графіт, фактор форми, комп'ютерний аналіз, фрактальна структура

Summary

Kurkostriga I., Sotsenko O.

Effect of charge makeup on the shape of graphite in section rolling

The effect of the mixture fusion with different ratios of components on the hardness and shape of graphite in the casting rolls from ductile iron with unexpressed chill is tested. Using a mixture of scrap rolls with lamellar and spheroidal graphite at high overheating of the melt in the furnace does not reduce the degree of compactness in the spheroidal graphite in rolls.

Keywords

charge materials, shaping rolls, ductile iron castings, spherical graphite, form factor, computer analysis, fractal structure

Поступила 09.06.10

УДК 669.054.8

С. В. Куберский

Донбасский государственный технический университет, Алчевск

Эффективность дугового глубинного восстановления полезных примесей вторичных материалов в металлические расплавы

Дана оценка эффективности насыщения металла полезными примесями из отходов металлургического производства и вторичных материалов с использованием их дугового глубинного восстановления (ДГВ) в металлические расплавы.

Ключевые слова: переработка отходов, дуговое глубинное восстановление, шлак, шлам, марганец, кремний, раскисление, легирование

Одним из основных показателей, определяющих конкурентоспособность отечественной металлопродукции на внутреннем и мировом рынках, является ее себестоимость и качество.

Снижение затрат на производство чугуна и стали может быть достигнуто в результате уменьшения расхода энергоносителей и сырьевых материалов, используемых в качестве шихты, а также полной или

частичной замены традиционного сырья (особенно руд и концентратов) отходами производства или вторичными материалами.

Наиболее энергозатратным звеном в технологической цепочке получения черных металлов является производство раскислителей, легирующих и рафинирующих материалов, основную долю которых составляют различные ферросплавы.

В последние годы получила развитие теория дугового глубинного восстановления (ДГВ) полезных элементов из их оксидов, входящих в состав различных отходов производства и вторичных материалов.

В работах [1-4] рассмотрена возможность десульфурации чугуна магнием, восстанавливаемым в глубине расплава из магнезита и восстановителя, входящих в состав специальных рудно-восстановительных блоков. Основным конструктивным элементом таких блоков является токоподводящий электрод, окруженный смесью восстановителя и материала содержащего оксид, который необходим для восстановления элемента.

Такая технология достаточно перспективна, поскольку позволяет повысить качество металла за счет эффективной десульфурации, использовать в качестве десульфуратора материала доступный магнезит, имеющий значительно меньшую стоимость в сравнении со слиточным и гранулированным магнием, а также магнийсодержащей проволокой.

Наиболее важная отличительная особенность способа – возможность одновременного рафинирования и более эффективного нагрева расплава, что в сравнении с действующими аналогами позволяет снизить сквозные энергозатраты на получение 1 кг Mg с 10-12 до 6-7 кВт. КПД заглубленной электрической дуги возрастает на 15-20 % и способствует увеличению скорости нагрева расплава до 10-14 °С/мин.

Однако данная технология в настоящее время использована лишь для восстановления магния при десульфурации чугуна, а теоретические и технологические основы восстановления других элементов непосредственно в обрабатываемом расплаве отсутствуют. Кроме того, данная технология может успешно конкурировать с ферросплавным производством, обеспечивая более глубокое извлечение полезных элементов по сравнению с производством ферросплавов в электродуговых печах, исключение целого ряда энергозатратных производств, а также позволит перерабатывать и утилизировать многочисленные техногенные отходы, накопленные в огромных количествах на различных отечественных предприятиях.

Основные преимущества данного способа перед традиционным способом производства ферросплавов заключаются в следующем:

- возможности концентрации большой энергии электрической дуги в относительно малом объеме;
- более полном восстановлении элементов по сравнению с традиционными дуговыми печами;
- восстановительные процессы облегчаются, если они проходят в присутствии железа или его оксидов; растворяя восстановленный элемент или образуя с ним химическое соединение, железо уменьшает его активность и выводит из зоны реакций; в ряде случаев температура плавления сплава с железом ниже температуры плавления восстанавливаемого элемента, следовательно, реакция может протекать при более низкой температуре;
- возможности переработки и утилизации металлургических отходов относительно бедных по содер-

жанию базовых компонентов с целью раскисления, рафинирования и микролегирования металла.

На первом этапе исследований основное внимание было уделено марганецсодержащим отходам с целью организации эффективной их переработки для возвращения ценного элемента в металлургический цикл на раскисление и легирование железоуглеродистого расплава.

При производстве марганцевых ферросплавов образуется наибольшее количество шлака, составляющее около 57 % от общего количества ферросплавных шлаков. При производстве марганцевых ферросплавов со шлаками теряется до 31 % Mn. Основная доля марганца (22,2 %) теряется с отвальными шлаками. Кроме того, достаточно ценным сырьем для процесса дугового глубинного восстановления марганца являются марганецсодержащие шламы.

Особенность технологии получения марганца состоит в сравнительно низком сквозном полезном его использовании, не превышающем 50-52 % от заданного, что является главной причиной высокого удельного расхода электроэнергии, шихтовых материалов и сравнительно высокой себестоимости марганца. Низкое извлечение марганца из концентратов в товарный металл объясняется большими потерями марганца с отвальными шлаками, в основном на стадии получения металлического марганца. Содержание оксида марганца в отвальном шлаке (в пересчете на марганец) составляет 14-16 %, чем и объясняется тот факт, что переход марганца в товарный металл на этой стадии не превышает 60-63 % [5].

Состав основных материалов, которые могут использоваться в качестве марганецсодержащего сырья, приведен в табл. 1. Часть материалов, представленных в данной таблице, используется в качестве шихты для производства ферросплавов. Однако использование того же шлака силикомарганцевого производства или шламов не находит технологического применения.

В лабораторных условиях были проведены исследования по извлечению марганца из шлака силикомарганцевого производства и шлама производства доменного ферромарганца с использованием метода дугового глубинного восстановления марганца в железоуглеродистый расплав.

Для восстановления марганца изготавливали дуговые рудно-восстановительные блоки с одним центральным токоподводящим электродом. Использовались комбинированные токоподводящие электроды, состоящие из стальной трубки диаметром 18 мм и толщиной стенки 2,5 мм, внутренняя часть которой заполнялась смесью графита с различным количеством балластной добавки Al_2O_3 или MgO для синхронизации расходования электрода и рудно-восстановительной смеси. Длина рудной части колебалась от 150 до 230 мм, а наружный диаметр блока – от 50 до 60 мм. В качестве восстановителя использовали углерод. Обработку чугуна с целью легирования его марганцем проводили в 60-килограммовой индукционной печи.

Основные параметры обработки и результаты,

Состав отходов, которые могут использоваться в качестве марганецсодержащего сырья

Материал	Содержание основных компонентов, %					
	MnO	CaO	SiO ₂	MgO	FeO	Al ₂ O ₃
Шлак производства						
металлического марганца электротермическим способом	18-21	43-44	28-30	~ 4,0	0,2	–
среднеуглеродистого ферромарганца флюсовым методом	27-29	28-30	33-36	1,0-1,5	0,6-1,0	1,0-1,5
силикомарганца марок СиМн 14-20	20-25	12-19	45-50	2-5	0,4-0,7	6-9
высокоуглеродистого ферромарганца	40,3	6,0	29,0	1,5	0,8	8,0
ферромарганца средне- и низкоуглеродистого	27-30	33-36	28-30	1,0-1,5	~1,0	1,0-1,3
низкофосфористого высокомарганцевого шлака	62-66	3,5-5	25-27	1-2	0,2-0,6	2-4
Шламы						
хвостохранилищ	11-29	1-6	39-73	0,3-2,2	1,7-7,7	2-13
производства доменного ферромарганца	20,0	17,4	15,5	1,6	9,0	11,0

полученные в ходе экспериментов, представлены в табл. 2 и 3.

На опытных плавках было отмечено восстановление не только марганца, но и кремния, что является положительным фактором, позволяющим осуществлять одновременное легирование расплава двумя элементами наиболее распространенными в составе железоуглеродистых сплавов.

Анализ данных табл. 2 и 3 показывает, что предложенный способ может быть довольно перспективным, несмотря на относительно высокие энергозатраты

Таблица 2

Параметры обработки чугуна методом ДГВ с целью легирования его марганцем и кремнием

Показатели	Значения
Масса чугуна, кг	$\frac{27,5-30,0}{29,0}$
Время обработки, мин	$\frac{3,67-10,83}{7,0}$
Температура начала обработки, °С	$\frac{1209-1498}{1357}$
Конечная температура, °С	$\frac{1193-1448}{1292}$
Скорость нагрева расплава дугой, °С/мин	$\frac{6,8-9,5}{8,0}$
Расход электроэнергии (без нагрева), кВт·ч	$\frac{0,413-0,836}{0,607}$
Линейная скорость расходования блоков, мм/мин	$\frac{0,31-0,49}{0,39}$

Таблица 3

Показатели восстановления марганца и кремния в чугун методом ДГВ

Показатели	Элемент	
	Mn	Si
Количество извлеченных элементов, г	$\frac{9-41}{19}$	$\frac{12-33}{22}$
Степень восстановления, %	$\frac{32-79}{50}$	$\frac{15-24}{20}$
Массовая скорость восстановления, г/мин	$\frac{2-4}{2,8}$	$\frac{2,2-3,2}{2,7}$
Скорость насыщения расплава легирующими компонентами, %/мин	$\frac{0,007-0,013}{0,01}$	$\frac{0,007-0,011}{0,01}$

(в среднем около 15 кВт/кг) и меньшую по сравнению с ожидаемой скоростью нагрева расплава заглубленной дугой (8 °/мин против 10-14 при ДГВ магния), а также недостаточно высокую среднюю степень извлечения элементов при усовершенствовании технологии.

На одной из плавков достигнута степень одновременного извлечения Si 80 % и Mg 38 % при соответствующих скоростях 17,6 г/мин (0,06 %/мин) и 2 г/мин (0,007 %/мин) соответственно (суммарно 20 г/мин или 0,067 %/мин). Такая скорость восстановления может быть вполне приемлемой и позволит в течение 20-30 мин обработки легировать металл на 1,34-2,01 % элемента, что вполне достаточно для перевода чугуна из передельного в литейный.

Кроме того, повышенные энергозатраты и меньшая эффективность нагрева объясняются небольшой высотой заглубления блоков в расплав (5-10 мм), что обусловлено их конструкцией при проведении предварительных исследований. Также было установлено, что при использовании стального электрода расход электроэнергии составил 0,063 кВт·ч/г восстановленного элемента, а комбинированного – практически в 2 раза меньше (0,024-0,039 (0,031) кВт·ч/г).

Экономическая эффективность дугового глубинного восстановления марганца и кремния из шлака силикомарганцевого производства и легирования ими чугуна по сравнению с традиционной технологией легирования ферросплавами представлена в табл. 4.

При проведении сравнительной оценки стоимость отвального шлака производства силикомарганца принята 50 грн/т, электрической энергии – 0,50 грн/(кВт·ч). Затраты рассчитаны с учетом того, что доля шихты и электрической энергии в себестоимости ферросплавов составляет в среднем 72,5 %, а стоимость легирования ферросплавами 1 т чугуна на 1 % Mn и 1 % Si – 295 грн.

Таким образом, затраты на легирование по новому способу в среднем на 21 % меньше, чем при использовании ферросплавов, что еще раз подтверждает привлекательность дугового глубинного восстановления элементов непосредственно в металлические расплавы, минуя стадию получения ферросплавов и лигатур.

Таблица 4

Показатели легирования чугуна на 1 % Mn и 1 % Si по методу ДГВ в сравнении с легированием ферросплавами

Показатели	ДГВ
Расход шлака, кг	$\frac{160-250}{200}$
Расход электрической энергии, кВт·ч	$\frac{250-379}{316}$
Затраты на легирование, грн	$\frac{183-280}{232}$
Снижение затрат в сравнении с ФС, грн	$\frac{15-112}{63}$
Снижение затрат в сравнении с ФС, %	$\frac{5-38}{21}$

Выводы

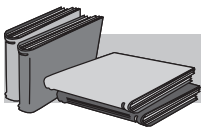
По результатам проведенной работы можно отметить следующее: метод дугового восстановления легирующих элементов из металлургических отходов является достаточно перспективным и уже сейчас может конкурировать с традиционными способами, предусматривающими использование ферросплавов (особенно эффективен он может быть для раскисления, микролегирования и рафинирования чугуна и стали).

Дальнейшие исследования будут направлены на:

– оптимизацию состава и конструкции дуговых восстановительных блоков, а также технологических режимов восстановления и обработки;

– исследование термодинамики и кинетики процессов дугового восстановления различных элементов и гидродинамики ванны;

– создание блоков для одновременного рафинирования и легирования расплава, а также получения лигатур из вторичных материалов.



ЛИТЕРАТУРА

1. Внепечная обработка железоуглеродистого расплава методом глубинного восстановления ЩЗМ / С. В. Семирягин, С. В. Куберский, С. Б. Эссельбах и др. // Производство стали в XXI веке. Прогноз, процессы, технологии, экология. – Киев: НТУУ «КПИ», 2000. – С. 318-321.
2. Рафинирование чугуна и стали в ковше погружаемой электрической дугой / К. Г. Низяев, Б. М. Бойченко, А. Н. Стоянов, В. М. Душа // Теория и практика металлургии. – 2003. – № 4. – С. 23-26.
3. Физико-химические условия процесса дугового восстановления магния под слоем металлического расплава / С. В. Семирягин, С. В. Куберский, С. Б. Эссельбах и др. // Сб. науч. тр. Вып. 18. – Алчевск: ДонГТУ, 2004. – С. 192-203.
4. Низяев К. Г., Бойченко Б. М., Стоянов А. Н. Комплексное решение задач повышения качества, легирования и модифицирования сталей путем восстановления металлов под слоем жидкого расплава // Металл и литье Украины. – 2006. – № 1. – С. 30-31.
5. Гасик М. И., Лякишев Н. П. Физикохимия и технология электроферросплавов. – Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии», 2008. – С. 174-180.

Анотація

Куберський С. В.

Ефективність дугового глибинного відновлення корисних домішок вторинних матеріалів в металеві розплави

Дано оцінку ефективності насичення металу корисними домішками з відходів металургійного виробництва і вторинних матеріалів із використанням їх дугового глибинного відновлення в металеві розплави.

Ключові слова

переробка відходів, дугове глибинне відновлення, шлак, шлам, марганець, кремній, розкислення та легування

Summary

Kubersky S.

Arc deep renewal efficiency of secondary materials in metallurgical fusions useful admixtures

Efficiency of metal saturation of useful admixtures produced from metallurgical production and secondary materials wastes with the use of their arc deep renewal in metallurgical fusions is estimated.

Keywords

wastes processing, arc deep renewal, slag, slime, manganese, silicon, desoxydating, alloying

Поступила 26.05.10