

дя из этого, можно рекомендовать для получения износостойких покрытий, содержащих керамическую фазу, механические смеси порошков, содержащие не более 20% Al_2O_3 , что обеспечивает снижение коэффициента трения, по сравнению с эталонной смесью и сохранение высокого уровня физико-механических свойств покрытий.

Список литературы

1. Kotkunde N., Ojha H. Review of laser cladding on steel // International J. of Multidispl. Research & Advcs. in Engg. (IJMRAE), Vol. 3, No. II (April 2011), pp. 25-34.
2. Калиниченко А.С., Девойно О.Г., Мешкова В.В. Влияние содержания оксидной керамики на структуру и свойства никельхромовых плазменных покрытий / Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 2. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки / редколлегия: С.А. Астапчик (гл.ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2015. С. 171- 174.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

С.А. Теслев, начальник ПТО «ЮФЗ», Е.П. Теслева, к. ф-м. н., доц., Д.В. Халтурина, студ.

*Юргинский технологический институт Томского политехнического университета
652050, г. Юрга, ул. Достоевского 1, тел. 7-77-42*

Рассматривается возможность использования ископаемых углей в качестве компонентов восстановительных смесей при производстве ферросилиция.

Ферросилиций – это сплав железа с кремнием, который применяется для раскисления и легирования стали, а также для получения отливок из чугуна с заданным содержанием кремния [1-3]. Вводить в сталь кремний в виде его сплава с железом, а не в чистом виде удобнее вследствие более низкой температуры плавления и выгоднее, так как стоимость сплава ниже по сравнению со стоимостью кристаллического кремния.

Процесс производства ферросилиция является восстановительным. В любом восстановительном металлургическом процессе шихта состоит из рудной составляющей и восстановителя. В производстве ферросилиция рудным компонентом шихты является кварцит, а восстановителем – углеродистые материалы, которые условно можно классифицировать на ископаемые (антрацит, каменные, бурые угли, торф) и искусственные (металлургический кокс, коксовый орешек, специальный кокс, полукокс) [4].

Эффективная работа электропечей зависит от показателей качества используемых в производстве углеродистых материалов. В зависимости от этих показателей в различных технологических процессах используют различные виды углеродсодержащих материалов. Одни из них находят применение в качестве восстановителей в углетермических процессах, другие в качестве огнеупорных материалов для футеровки металлургических агрегатов, третьи в качестве наполнителей при изготовлении электродных масс [5].

Традиционно используемые для этих целей различные виды кокса, полукокса и термоантрацита имеют ряд преимуществ: меньшее содержание примесей, высокая температура сгорания, высокая электропроводность, большая реакционная способность и низкое содержание влаги. Однако в условиях рыночных отношений данные материалы становятся не только дефицитным, но и дорогостоящим сырьем. В качестве альтернативной замены этих углеродсодержащих материалов, а также для снижения себестоимости ферросплавной продукции в последние годы активно применяются восстановительные смеси, состоящие из кокса в различных комбинациях с углями.

Не все виды угля пригодны для эффективного использования в качестве восстановителя в связи с различием их вещественных составов и физико-химических свойств. Недостатком использования каменного угля в восстановительной смеси является высокий уровень низшей теплоты сгорания рабочего топлива, который для всех марок угля (А, Т, СС и Д) находится в пределах 5200-6500 ккал/кг. Высокая калорийность каменного угля снижает стойкость печного оборудования, неблагоприятно сказывается на режиме коксования самоспекающихся электродов. Это приводит к увеличению горячих простоев печей и потере производительности [6].

Например, в работе [6] предложена многокомпонентная восстановительная смесь для выплавки ферросилиция, содержащая коксовый орешек, бурый уголь марки Б с низшей теплотой сгорания рабочего топлива, равной 3200 ккал/кг, и содержанием рабочей влаги до 40%, а в качестве рыхлителя – длиннопламенный уголь и древесная щепка в следующем массовом соотношении компонентов, % (по углероду) (табл. 1):

Таблица 1

Состав восстановительной смеси

восстановитель	%, по углероду
уголь длиннопламенный	25-50
уголь бурый марки Б	14-20
щепа древесная	2-5
кокосвый орешек	остальное

Данная смесь позволяет увеличить производительность печей и снизить удельный расход электроэнергии на 5 % и при этом повысить извлечение кремния в сплав на 1,5 %.

Не все виды каменного угля способны улавливать монооксид кремния из колошниковых газов. Многие смеси имеют низкую фильтрующую способность, что отрицательно сказывается на степени извлечения кремния в сплав. В работе [7] предложена многокомпонентная восстановительная смесь состоящая из коксового орешка 58-70%, угля марки Д 25-35% и древесной щепы 5-7% по углероду (табл. 2).

Таблица 2

Состав восстановительной смеси

восстановитель	%, по углероду
длиннопламенный уголь марки Д	25-55
древесная щепа	5-7
кокосвый орешек	остальное

В качестве фильтрующего компонента в данной смеси введен длиннопламенный уголь марки Д с выходом летучих веществ более 40% и пористостью более 15%, а в качестве рыхлителя шихты используется древесная шихта. угли марки Д обеспечивают улавливание монооксида кремния из колошниковых газов.

Применение предлагаемой восстановительной смеси позволяет увеличить производительность печей на 8,6-11,4%, снизить удельный расход электроэнергии на 9,4-10,9%, повысить извлечение кремния в сплав на 1,8-2,1%.

Перспективным также является способ, в котором предлагается восстановительная смесь, содержащая коксовый орешек и ископаемые угли в количестве 50% по углероду, а плавку осуществляют в условиях оптимального соотношения параметров электрического режима работы. При этом использование в восстановительной смеси длиннопламенного и бурого углей коэффициент избытка углерода поддерживают на уровне 0,98, а погружение электродов в шихту при выплавке высококремнистого ферросилиция осуществляют на глубину в 1,67 раза больше диаметра электрода (табл. 3) [8].

Таблица 3

Соотношения параметров электрического режима работы печи в зависимости от доли замены кокса углем

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	Доля замены кокса углем, 0%	Доля замены кокса углем, 50%
1	Сила тока в электроде	А	65000	62500
2	Фазное напряжение на электроде	В	98	101,3
3	Полное фазное сопротивление в печи	мОм	1,51	1,62
4	Полное фазное сопротивление в шихте	мОм	3,2	12,8
5	Фазная активная мощность в дуге	кВт	2400	3300
6	Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/т	10330	8104
7	Суточная производительность печи	т/сут	35,7	47,9
8	$\cos \varphi$		0,813	0,851

Применение данного способа производства ферросилиция позволяет увеличить производительность печей на 15–17%, снизить удельный расход электроэнергии на 12–15%, повысить извлечение кремния в сплав на 5–7%.

Таким образом, использование углей в качестве компонента восстановительных смесей является перспективным способом замены дорогостоящих восстановителей. Возможность применения восстановительных смесей разного состава позволяет регулировать электрические и термические параметры печи, увеличивая как производительность так и извлечение кремния в сплав.

Список литературы

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушева А.М. Общая металлургия: учебник для вузов. 6-изд., перераб и доп.-М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с.:253 ил.
2. Зубов В.Л., Гасик М.И. Электрометаллургия ферросилиция. Днепропетровск: Системные технологии, 2002. – 704 с.
3. Теслев С. А., Теслева Е. П. Использование железорудных неофлюсованных окатышей при производстве ферросилиция // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Юрга, 21-23 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 155-158.
4. Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. М.: Металлургия, 1976. 272 с.
5. Кашлев И.М. Разработка технологии производства ферросилиция и электродной массы с использованием каменного угля [Текст]: автореф.дис. ... канд. техн. наук: 05.16.02 / И. М. Кашлев. – Новокузнецк, 2000. – 19 с.
6. Многокомпонентная восстановительная смесь для выплавки ферросилиция: 2366740 С2 Рос. Федерация: МПК С22С 33/04 А.А. Максимов, Г.А. Чашин, В.Ю. Платонов, М.М. Михайлов, И.М. Кашлев, С.Ф. Павлов; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Кузнецкие ферросплавы". – No 2006134897/02; заявл. 02.10.2006; опубл. 10.09.2009, Бюл. No 25.– 4 с.
7. Восстановительная смесь для выплавки ферросилиция: 2380440 С2 Рос. Федерация: МПК С22С 33/04 А.А. Максимов, Г.А. Чашин, В.Ю. Платонов, М.М. Михайлов, И.М. Кашлев, С.Ф. Павлов; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Кузнецкие ферросплавы". – No 2006134896/02; заявл. 02.10.2006; опубл. 27.01.2010, Бюл. No 3.– 4 с.
8. Способ выплавки ферросилиция в рудотермической печи: 2451098 С2 Рос. Федерация: МПК С22С 33/04 А.А. Максимов, Г.А. Чашин, В.Ю. И.М. Кашлев, А.В. Астахов, А.А. Маматов; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Кузнецкие ферросплавы". – No 2010119793/02; заявл. 17.05.2010; опубл. 27.11.2011, Бюл. No 33.– 9 с.

МИКРОТВЕРДОСТЬ ВАЛИКОВ ИЗ БРОНЗЫ ПГ-19М-01, НАНЕСЕННЫХ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

*О.Г. Девойно, д.т.н., проф., Н.И. Луцко, науч. сотр., А.С. Лапковский, науч. сотр.,
Белорусский национальный технический университет
220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65, тел. (375 17)331-00-45
E-mail: nilucko@tut.by*

В статье рассматриваются преимущества лазерной наплавки и возможности использования лазерной наплавки для создания мультимодальных покрытий из разнородных металлических материалов. Приведены результаты исследований микротвердости в поперечном сечении наплавленных валиков из алюминиевой бронзы. Показано влияние скорости лазерной наплавки на микротвердость в наплавленных валиках.

The advantages and the capabilities of laser cladding are analysed for used laser cladding for applying multimodal coatings from heterogeneous metal work materials. Results of microhardness investigations in cross section of cladding tracks from Al-bronze are exhibited. The influence of cladding velocity on microhardness are examined.

Машины и механизмы, используемые современной промышленностью, в большинстве случаев предполагают наличие высоких скоростей и нагрузок. Поэтому постоянно растет потребность в высоко-износостойких материалах. Пределы упрочнения однокомпонентных материалов в настоящее время уже близки к исчерпанию. По этой причине возрастает роль композиционных материалов, позволяющих значительно увеличить износостойкость, в том числе композиционных упрочняющих покрытий. Особенно высокие физико-механические свойства показывает такой вид композиционных покрытий, как мультимодальные покрытия [1, 2]. Модой считается значение какого-либо признака (размера частиц упрочняющей фазы, величины пористости, вида материала), которые встречаются