

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 26

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
17 – 18 мая 2022 г.*

ЧАСТЬ I

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2022**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть I. Естественные и технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 427 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных наук, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

Кроме того результаты рентгенофазового анализа показывают, что весь карбид кремния находится в виде α модификации с 4-х гексагональной решеткой, что также характеризует полноту протекания реакции синтеза карбида кремния с последующей перекристаллизацией [2].

Таким образом, полученные результаты показывают принципиальную возможность синтеза карбида кремния из кремнезема, содержащегося в золе углей с получением высокореакционного углеродистого материала. Полученные качественные показатели пиролизного остатка отвечают требованиям, предъявляемым к углеродистому восстановителю типа и позволяют рассматривать его как сырье для производства ферросплавов.

Библиографический список

1. Мизин, В. Г. Углеродистые восстановители для ферросплавов / В.Г. Мизин, Г. В. Серов – М.: Металлургия, 1976. – 272 с.
2. Лазаревский П.П. Комплексное изучение металлургических характеристик и повышение эффективности использования кварцитов Сунгайского рудопрооявления: дисс. канд. техн. наук, спец. 05.16.02 / П.П. Лазаревский – Новокузнецк, 2013. – 120 с.

УДК: 669.15-198

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗООБРАЗНОГО АЗОТА

Лазаревская М.Н. Лазаревский П.П.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Уманский А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: lazura@ya.ru*

В рамках исследовательской работы проведена серия экспериментальных плавов ферросилиция с продувкой печного пространства газообразным азотом. По результатам испытаний определены технологические параметры выплавки ферросилиция с применением газообразного азота

Ключевые слова: ферросилиций, газообразный азот, печь постоянного тока.

Ранее проведенные исследования по оценке металлургических характеристик брикетированной моношихты для производства технического кремния на плазменной печи теоретически подтвердили влияние газообразного азота на восстановительные процессы при производстве кремнистых сплавов. Согласно разработанным технологическим решениям в рудотермической однофазной печи постоянного тока (W 250 кВА) проведена серия опытных плавов ферросилиция.

Для выполнения работ использованы следующие материалы:

- кварцит (SiO_2 не менее 98 %) фр. 20 – 60 мм;
- коксовый орешек (не более V_d 2,0 %, A_d 13,0 %, W_t 8,0);
- стальная стружка;

На первом этапе опытной компании произведено 11 выпусков. На выпусках 7 – 9 в пенное пространство подавался газообразный азот. Азот в реакционную зону подавался через стальную трубку, смонтированную в теле самоспекающегося электрода. В таблице 1 приведены основные показатели опытных плавов.

Для более объективной оценки сравнительный анализ проводили по результатам плавов с азотом и после прекращения подачи азота.

Таблица 1 – Основные показатели опытных плавов

№ вып.	Кол-во металла, кг	Расход эл/эн, кВт*ч	Удельный расход эл/эн, кВт*ч/т	Произв-ть, кг/ч	Si в металле, %	Количество Si, кг
1	92	600	6,521739	138,00	21,1	19,41
2	107,6	648	6,022	35,87	25,4	27,33
3	63,4	594	9,369	16,54	24,3	15,41
4	82,2	720	8,759	21,92	35,2	28,93
5	59,8	684	11,438	15,95	29,3	17,52
6	60	402	6,700	15,65	31,4	18,84
<i>Азот</i>						
7	86,4	480	5,556	34,56	28,4	24,54
8	96,6	366	3,789	44,58	35	33,81
9	80,8	366	4,530	32,32	35,9	29,01
Сред.	87,93		4,625	37,15	33,1	29,12
<i>Без азота</i>						
10	104	540	5,192	39,00	27	28,08
11	65	564	8,677	20,53	26,3	17,10
Сред.	84,5		6,935	29,76	26,65	22,59

Сравнительный анализ результатов выплавки ферросилиция с продувкой азотом и после прекращения подачи азота показал, что при продувке удельный расход электроэнергии в среднем на 33% ниже, чем после продувки, при этом средневзвешенная производительность увеличилась на 7,39 кг/час. Концентрация кремния при продувке 6,48% выше.

На втором этапе для подтверждения влияния постоянного тока на процесс восстановления кремния при продувке азотом повторно проведена опытная компания выплавки ферросилиция.

Для выполнения работ использованы следующие материалы:

- кварцит (SiO_2 не менее 98 %) фр. 20 – 40 мм;
- кокс (не более V_d 2,0%, A_d 13,0%, W_t 8,0);
- уголь ДО (не более V_d 40,0%, A_d 13,0%, W_t 13,0);
- стальная стружка;

Выплавка проводилась непрерывным процессом с периодическим вы-

пуском продуктов плавки. Токовая нагрузка на электроде 4,5 – 6,5 кА. В печь загружалась колоша следующего состава:

- кварцит 100 кг;
- кокс 25 кг;
- уголь ДО 40 кг;
- стальная стружка 55 кг.

Произведено 30 выпусков. На выпусках 15 – 24 в печное пространство подавался газообразный азот. Азот в реакционную зону подавался через стальную трубку, смонтированную в теле самоспекающегося электрода. Расход азота 3 м³/ч. Для более объективной оценки сравнительный анализ проводили по результатам плавов с азотом и после прекращения подачи азота.



Рисунок 1 – Фотографии самоспекающегося электрода

Таблица 2 – Основные показатели опытных работ

№ вып.	Кол-во металла, кг	Расход эл/эн, кВт*ч	Удельный расход эл/эн, кВт*ч/т	Произв-ть, кг/ч	Si в металле, %	Количество Si, кг
1	133	522	3925	42,00	30,9	41,10
2	86,2	516	5986	28,73	38,83	33,47
3	108	444	4111	36,00	39,55	42,71
4	127	480	3780	42,33	42,2	53,59
5	128,5	558	4342	42,83	42,3	54,36
6	108	540	5000	36,00	34,38	37,13
7	90,4	474	5243	30,13	35,53	32,12
8	129	714	5535	28,35	39,23	50,61
9	129	468	3628	43,00	40,8	52,63
10	135	1134	8400	45,00	47,2	63,72
11	132	534	4045	44,00	45,8	60,46
12	129	582	4512	43,00	47	60,63
13	93,6	486	5192	31,20	41,9	39,22
14	134,5	390	2900	44,83	42,8	57,57
Сред.	118,8	560	4715	38,04	40,60	48,52

Продолжение таблицы 2

№ вып.	Кол-во металла, кг	Расход эл/эн, кВт*ч	Удельный расход эл/эн, кВт*ч/т	Произв-ть, кг/ч	Si в металле, %	Количество Si, кг
<i>Азот</i>						
15	140,4	594	4231	46,80	47,8	67,11
16	161	576	3578	53,67	45,9	73,90
17	127,8	504	3944	51,12	46,4	59,30
18	84	516	6143	30,00	40,8	34,27
19	111	624	5622	34,15	41,7	46,29
20	109,8	420	3825	42,50	42,2	46,34
21	107,2	468	4366	33,85	44,2	47,38
22	159	678	4264	50,21	43,5	69,17
23	172,2	612	3554	55,85	47,1	81,11
24	145,2	636	4380	47,09	45,1	65,49
Сред.	131,76	563	4271	44,46	44,47	59,03
<i>Без азот</i>						
25	88,3	456	5164	31,16	40,1	35,41
26	147,2	558	3791	50,47	43,7	64,33
27	116,8	564	4829	38,93	43,6	50,92
28	128,8	594	4612	42,93	45,1	58,09
29	126,6	522	4123	42,20	46,6	59,00
30	98,3	492	5005	28,63	47,1	46,30
Сред.	117,7	531	4513	38,83	44,37	52,34

Сравнительный анализ результатов выплавки ферросилиция с продувкой азотом и без продувки показал, что при продувке удельный расход электроэнергии в среднем на 242 кВт ниже, что составляет 5,4 %, при этом наблюдается увеличение производительности на 5,63 кг/час или на 12,7 %.

Следует отметить, что при продувке азота наблюдалось некоторое ухудшение работы печи – спекание шихтовых материалов на колошнике, что потребовало регулярного рыхления. Однако проплавление шихтовых материалов интенсифицировался, металл на выпуске был перегрет, наблюдалось увеличение температуры на входе в газоочистку в среднем на 30 °С. Кроме того стабилизировалась токовая нагрузка, что позволило работать на токе 6,5 кА без резких колебаний.

Заключение

1. Вдувание газообразного азота в рабочее пространство печи оказывает положительное влияние на процесс выплавки кремния:

- снижение удельного расхода электроэнергии;
- увеличение производительности;
- повышение извлечения кремния.

2. Выплавка кремнистых сплавов в условиях печи постоянного тока с продувкой азотом позволит применять окускованные мелкодисперсные материалы, моношихту.

Библиографический список

1. Рябчиков, И. В. Роль газовой фазы при взаимодействии SiO_2 с углеродом / И. В. Рябчиков, Я. С. Щедровицкий // ДАН СССР, 1964. – Т. 158. – С. 427–428.
2. Пат. 2716906 Российская Федерация, МПК C22C 33/00. Способ выплавки кремния и ферросилиция / Павлов В.В. Лазаревский П.П. Темлянец М.В., и др., заявитель и патентообладатель ООО «Регионстрой». ; опубл. 17.03.2020, Бюл. № 8.

УДК 621.787: 621. 9. 048

КОМБИНИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КАК СПОСОБ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Кашин С.С.

Руководитель: д-р техн. наук, доцент Осколкова Т.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: s.kashin@inbox.ru*

В данной статье рассмотрено влияние комбинированной электромеханической обработки на структуру и твердость поверхностных слоев стали марки 40Х. Установлено, что формируется упрочненный поверхностный слой толщиной 1200 мкм, состоящий из двух зон: поверхностная зона, состоит из мартенсита, вторая переходная зона в своей структуре содержит мартенсит и феррит. Упрочненный поверхностный слой плавно переходит в исходную феррито-перлитную структуру.

Ключевые слова: сталь, поверхностное упрочнение, комбинированная электромеханическая обработка, твердость, микроструктура.

Развитие машиностроения, горнодобывающей и деревообрабатывающей промышленности в нашей стране связано с применением среднеуглеродистых улучшаемых сталей. Формирование упрочненных поверхностных слоёв на этих сталях, работающих в условиях износа, будет способствовать повышению эксплуатационных характеристик изделий [1].

В настоящее время существует много методов упрочнения поверхности деталей из конструкционных сталей с целью создания слоев и покрытий с заданными свойствами [2, 3], однако, не всегда можно получить необходимые свойства поверхностного слоя деталей в процессе обработки. Одним из эффективных методов поверхностного упрочнения деталей машин является комбинированная электромеханическая обработка (КЭМО), позволяющая значительно повысить надежность и долговечность деталей машин. При данной обработке поверхностное упрочнение будет происходить за счёт

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ <i>Тайлаков А.О., Кундро К.А.</i>	192
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА НА УГОЛЬНОЙ ШАХТЕ <i>Тайлаков А.О., Кундро К.А.</i>	197
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГОРНОРУДНОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН <i>Никитина А.М., Риб С.В.</i>	201
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ГОРНОРУДНОЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ <i>Никитина А.М., Риб С.В.</i>	204
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ РАБОТЫ МЕЛЬНИЦ МОКРОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ <i>Гельгенберг И.О., Садов Д.В.</i>	209
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИМПОРТНОГО ПРОХОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ШАХТАХ КУЗБАССА <i>Гельгенберг И.О.</i>	213
III МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	219
БРИКЕТИРОВАННАЯ ШИХТА ДЛЯ ВЫПЛАВКИ КРЕМНИСТЫХ СПЛАВОВ <i>Мосин Р.А. Лазаревская М.Н. Лазаревский П.П.</i>	219
ПОЛУЧЕНИЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ ИЗ ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ УГЛЕЙ <i>Мосин Р.А., Лазаревская М.Н., Лазаревский П.П.</i>	226
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЗООБРАЗНОГО АЗОТА <i>Лазаревская М.Н. Лазаревский П.П.</i>	229
КОМБИНИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КАК СПОСОБ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ <i>Кашин С.С.</i>	233
ПОЛУЧЕНИЕ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ ЧУГУНОВ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЛЕГИРОВАНИЯ <i>Трошкин М.В., Лазаревский П.П.</i>	237
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ И ВЫБОРУ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ РОТОРНЫХ ПЕЧЕЙ <i>Трошкин М.В. Лазаревский П.П.</i>	243
АНАЛИЗ ГАЗОНАСЫЩЕННОСТИ ЧУГУНОВ ВЧ50 И ЧХ3 <i>Арапов С.Л., Мурзин А.К., Давыдыч Р.Е.</i>	247
ЦИФРОВИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЕМ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ <i>Кокорин В.С., Буркова А.А., Морозов М.А.</i>	252