

**MODERN SCIENTIFIC
POTENTIAL - 2016**
February 26 - March 7, 2016

February 28 - March 7, 2018

37

volume



OF XI INTERNATIONAL
RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE

**MODERN SCIENTIFIC
POTENTIAL - 2015**

February 28 - March 7, 2015

Technical sciences

MATERIALS
OF XI INTERNATIONAL
RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE

Science and Education Ltd
Sheffield
UK

2015

[illegible]

MATERIALS

**OF THE XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE**

«MODERN SCIENTIFIC POTENTIAL - 2015»

February 28 - March 7, 2015

Volume 37
Technical sciences

Sheffield
SCIENCE AND EDUCATION LTD
2015

SCIENCE AND EDUCATION LTD

Registered in ENGLAND & WALES
Registered Number: 08878342

OFFICE 1, VELOCITY TOWER, 10 ST. MARY'S GATE, SHEFFIELD, S
YORKSHIRE, ENGLAND, S1 4LR

**Materials of the XI International scientific and practical
conference, «Modern scientific potential», - 2015.**
Volume 37. Technical sciences. Sheffield.
Science and education LTD - 104 стр.

Editor: Michael Wilson

Manager: William Jones

Technical worker: Daniel Brown

Materials of the XI International scientific and practical conference,
«Modern scientific potential», February 28 - March 7, 2015
on Technical sciences.

For students, research workers.

ISBN 978-966-8736-05-6

© Authors, 2015

© SCIENCE AND EDUCATION LTD, 2015

TECHNICAL SCIENCES

METALLURGY

Мосейко Ю.В., Воденникова О.С.
Запорожская государственная инженерная академия

О ВЛИЯНИИ СОДЕРЖАНИЯ МАГНЕЗИИ В ШЛАКЕ НА СТЕПЕНЬ УДАЛЕНИЕ СЕРЫ ИЗ ЧУГУНА

Высокие требования к качеству чугуна, получаемого в доменных печах, работающих на агломерате и окатышах с оптимальным удельным расходом кокса, требуют отработки их оптимального шлакового режима, а также выбора рационального состава конечного шлака. При этом достигаются как повышение выхода чугуна, так и улучшение его качественных показателей из-за снижения содержания серы.

Известно [1], что процесс удаления серы из чугуна успешно осуществляется при основном шлаке, в восстановительной атмосфере, а также при минимальном содержании оксида железа в шлаке.

Улучшению процессов перехода серы в шлак и получения чугуна с ее низким содержанием способствует перевод доменных печей на работу с полностью офлюсованным агломератом при выводе сырого известняка из состава шихты.

Результаты, полученные в производственных условиях, подтверждают, что при работе печей на агломерате с основностью 1,10...1,12 имеет место значительное повышение коэффициента распределения серы между чугуном и шлаком (L_s).

Совершенствование процесса удаления серы из чугуна [2] достигается за счет увеличения числа выпусков, а, следовательно, и возрастания количества нижнего шлака, который лучше контактирует с чугуном.

В монографии [3] выполнен наиболее полный термодинамический анализ десульфурации чугуна в доменных печах и разработаны практические меры по повышению способности шлака поглощать серу при выплавке маломарганцовистого чугуна.

Авторами работы [4] изучены соединения серы, поступающие в доменную печь с шихтовыми материалами. В офлюсованном агломерате сера в значительном количестве связана с кальцием в оливинках, а в зернах магнетита наблюдается переход определенного количества FeS в CaS , образующего твердые растворы. Следовательно, применение офлюсованного агломерата в доменных печах создаст более благоприятные условия для борьбы с серой путем активного ее ошлакования.

Результаты проведенных исследований позволили установить, что для промышленных шлаков при увеличении содержания MgO от 2,70 до 3,25 % наблюдается повышение их способности поглощать серу в интервале основности 1,26...1,36.

Литература:

1. Шлаковый режим доменных печей [Текст] / Под ред. Н. Л. Жило и М. Я. Остроухова. – М.: Металлургия, 1967. – 488 с. – Библиография в конце разделов.
2. Резервы повышения эффективности доменного производства [Текст] / Ю. М. Потебня, В. Ф. Брагин, Р. Г. Рихтер и др. – Днепрпетровск: Промінь, 1970. – 158 с. – Библиогр.: с.
3. Куликов, И. С. Десульфурация чугуна [Текст] / И. С. Куликов. – М.: Металлургия, 1962. – 306 с. – Библиогр.: с. 300-306.
4. Воловик, Г. А. Распределение серы между фазами, образующими структуру руды и агломерата [Текст] / Г. А. Воловик, И. Е. Лев // Металлургия и коксохимия: межвед. респ. науч.-техн. сб. – Киев: Техника, 1966. – Вып. 9. – С. 91-101 (Металлургия чугуна).
5. Логинов, В. И. Влияние расхода кокса, температуры и основности шлака на распределение серы [Текст] / В. И. Логинов // Металлургия и коксохимия: межвед. респ. науч.-техн. сб. – Киев: Техника, 1971. – Вып. 24. – С. 50-52 (Металлургия чугуна).

К.т.н. Толымбекова Л.Б.

Инновационный Бердский университет, Казахстан

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРГАНЦЕВЫХ ОКАТЫШЕЙ И ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ УГЛЕЙ

В работе приведены результаты исследований по разработке технологических параметров выплавки ферросиликомарганца с использованием марганцевых окатышей из руды месторождения «Западный Камыс» (Казахстан). Химические составы исследуемых материалов приведены в таблицах 1 и 2.

В работе [5] представлены результаты исследований влияния расхода кокса, температуры и основности шлака на распределение серы между чугуном и шлаком. В случае выплавки холоднокремнистых чугунов (0,2...0,5 % кремния) установлено, что шлак в горне доменной печи имеет пониженную температуру (1400...1450° С). Это сопровождается снижением коэффициента L_s и 1,5...2,0 раза по сравнению со шлаком, имеющим температуру 1500° С и можно объяснить влиянием температуры на вязкость шлака и активность серы в нем.

Выполнили эксперименты по изучению степени поглощения серы синтетическими шлаками, содержащими 3,0...14,4 % MgO , и доменными шлаками, содержащими 2,7...3,25 % MgO , в печи сопротивления с внутренним диаметром рабочего объема 80 мм. Удаление серы из чугуна осуществляли в графитовом тигле, размещаемом в центральной части рабочего объема указанной печи в зоне высоких температур. Температуру в рабочем объеме печи измеряли непрерывно в течение всего эксперимента при помощи оптического пирометра ТРА-50.

Образцы синтетического шлака характеризовались содержанием MgO в количестве 2,5; 4,2; 5,8; 7,5; 9,1; 10,8; 12,4 и 14,2 %, а также 0,3...0,5 % FeO . Компонентами шлака служили химически чистые оксид магния MgO и диоксид алюминия Al_2O_3 , а также известняк $CaCO_3$ и кварцевый песок. Соответствующее количество компонентов тщательно перемешивали и в графитовом тигле загружали в печь и нагревали до температуры 1500° С. Расплавленный шлак после выдержки при указанной температуре в течение 15 мин выливали в специальную изложницу. После остывания шлак подвергали дроблению до фракции менее 3,0 мм и тщательно перемешивали.

Образцы шлака и чугуна массой 30 г загружали в графитовый тигель и нагревали до температуры 1400° С. Расплав подвергали выдержке в течение 2 ч и направляли в заводскую лабораторию на химический анализ.

Результаты статистической обработки данных работы доменных печей № 4 и 5 ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» при содержании в шлаке 2,7 и 3,25 % MgO позволили определить для каждого значения основности среднее значение L_s и среднее содержание кремния в чугуне.

Установлено, что шлаки с содержанием оксида магния 3,25 % обладают лучшей способностью поглощать серу, чем шлаки с его содержанием 2,70 %.

Кроме того, при повышении основности шлака возрастает его способность поглощать серу. Так, при основности шлака 1,26 и повышении содержания MgO до 3,25 % коэффициент распределения серы увеличивается до 45,0, а при основности 1,36 его величина возросла до 66,0, то есть его приращение в два раза больше, чем при основности 1,26.

Повышение содержания MgO в шлаке от 2,70 до 3,25 % также позволяет в промышленных условиях работать на шлаках с меньшей основностью, не понижая при этом их способность поглощать серу. Например, если шлак при содержании 2,70 % MgO и основности 1,36 имеет $L_s = 48$, то шлак с содержанием 3,25 % MgO имеет то же значение L_s при основности 1,31.

Таблица 1
Химический состав марганцевой руды Западный Камыс и глины

Материал	Содержание, %									
	Mn _{общ}	Fe _{общ}	MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	S	ppm	
Марганцевая руда «Западный Камыс»	30,0	5,6	0,6	2,64	28,24	3,36	0,03	0,03	15,0	
Глина	-	6,7	1,9	1,5	55,7	15,4	0,09	0,38	13,5	

Таблица 2
Химический состав Борлинского угля и Заринского кокса

Материал	Содержание, %												
	A ^c	W ^p	S	C _{ин}	V _{пп}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅		
Уголь	42	1,06	0,04	32,6	24,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Зола угля	-	-	-	-	59,6	33,7	2,22	0,7	0,5	0,02	-	-	-
Кокс	12,1	0,46	0,18	85,3	1,92	-	-	-	-	-	-	-	-
Зола кокса	-	-	-	-	49,5	22,8	17,9	5,3	3,48	0,94	-	-	-

В таблице 3 представлены химический и фазовый составы марганцевой руды и смеси 90% руды и 10% глины. Последний рассчитан с использованием математической модели фазовой диаграммы системы FeO-MnO-CaO-Al₂O₃-SiO₂. Плавка руд, имеющих в составе более 50% низкотемпературных фаз, по традиционной технологии (на тридмит-кристаллитовых шлаках) сопровождается образованием легкоплавких шлаков. При этом скорость образования шлаков опережает скорость восстановления вдуемых элементов, а температура в реакционной зоне печи снижается, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях и на самом процессе плавки.

Таблица 3
Химические и фазовые составы марганцевой руды и смеси руды с глиной*

Материал	Химический состав, %					Фазовый состав, %						
	FeO	MnO	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO-Al ₂ O ₃ -2SiO ₂	2MnO-SiO ₂	FeO-SiO ₂	MnO-SiO ₂	Ca-SiO ₂		
Марганцевая руда фракции 0-5 мм	9,08	48,28	3,29	4,12	35,23	11,22	64,31	16,66	5,66	2,14		
Смесь марганцевой руды фракции 0-5 мм и глины фракции 0-0,315 мм	8,87	44,00	3,16	5,56	38,41	15,14	43,23	16,27	25,09	0,21		

* Для проведения расчетов химические составы пересчитаны на 100%

При разработке оптимальных параметров плавки руд месторождения «Западный Камыс» следует ориентироваться на воластонит-анортитовые шлаки, формирование которых, как показала практика, позволяет существенно улучшить показатели тели выплавки марганцевых сплавов из казахстанских легкоплавких марганцевых руд. Преимущество расплавления в этом случае ведется с формированием конечных шлаков, близких по составу к анортиту, содержащих CaO-20,1%, Al₂O₃-36,7, SiO₂-43,2 и имеющих температуру плавления 1550°C. Однако переход шлаков в анортитовую область сопровождается ростом вязкости в области 1400-1550°C.

На основании известных данных о положительном влиянии MgO на вязкость, температуру кристаллизации и электропроводность тридмит-воластонит-анортитовых окисных систем было предложено формировать их в области воластонит-анортит-диопсидовых шлаков за счет увеличения содержания в шлаке MgO до 5-10% добавкой доломита.

Для оптимизации шлакового режима в опытных плавках вещественный состав шихты меняли в пределах обеспечения основной шлака по CaO+MgO/SiO₂ от 0,4 до 0,8, содержания оксида алюминия от 10 до 20% и анортитовой фазы не менее 50%.

В качестве глиноземосодержащего компонента использовали высокозольные угли Борлинского месторождения Карагандинской области (Казахстан), которые задавали вместо кокса.

С учетом значительного влияния свойств восстановителей на электрический режим плавки и процессы восстановления были экспериментально определены их основные физико-химические характеристики (таблица 4).

Анализ результатов исследования показал, что борлинские угли по химическому составу и свойствам отвечают требованиям, предъявляемым к восстановителям для электротермического производства ферросплавов. При этом по таким показателям, как удельное электрическое сопротивление, способствующее более полному использованию мощности печи, и реакционная способность, обеспечивающая увеличение скорости процессов восстановления, существенно превосходят традиционные восстановители.

Таблица 4
Показатели физико-механических свойств восстановителей

Наименование восстановителя	Действительная плотность, г/см ³	Кажущаяся плотность, г/см ³	Пористость, %	Удельное электрическое сопротивление, ом·см при 20°C	Реакционная способность, мл/г·с при 20°C
Кокс китайский	1,94	0,95	51,0	5,53	1,70
Кокс	1,88	1,05	44,2	4,06	0,65
Полукокс	1,60	0,99	38,0	9,30·10 ⁴	8,02
Полукокс Лепинск-Кузнецкий	1,82	0,82	55,0	24,18	9,8
Уголь борлинский	1,68	1,51	10,12	4,37·10 ¹⁰	8,61

Опытные плавки по отработке технологии выплавки ферросиликомарганца с использованием марганцевой руды и опытных марганцевых окатышей проведены на опытной рудно-термической печи мощностью 200 кВА.

В эксперименте испытывали два вида окатышей:

- марганцевые окатыши с добавкой, в качестве связующего, глины (10 %);
- марганцевые окатыши, содержащей в составе шихты 10% глины и дополнительно до 5% коксика.

В состав всех опытных шихт для формирования влагонестойко-анортит-диопсидовых шлаков, вводили доломит, количество которого задавали из расчета получения 5–10 % MgO в шлаке. Проведены четыре варианта опытных плавов, результаты которых представлены в таблице 5.

Таблица 5

Показатели крупно-лабораторных плавок

Показатели	Варианты			
	I	II	III	IV
1. Продолжительность процесса, ч	6	6	6	6
2. Расход материалов, кг:				
Марганцевая руда	100	-	-	-
Марганцевые окатыши (руда+глина)	-	100	-	-
Марганцевые окатыши (руда+кокс+глина)	-	-	100	100
Доломит	17	13	14	16
Кокс заиринский	21	21	11	5
Уголь боринский	-	-	-	17
3. Получено сплава, кг	33,52	32,93	33,93	35,42
4. Средний химический состав сплава, %				
Mn	64,42	63,76	64,29	65,89
Si	17,23	17,21	17,16	18,29
Fe	16,14	16,78	16,30	15,66
C	1,53	1,51	1,58	1,35
S	0,01	0,01	0,01	0,01
P	0,10	0,14	0,13	0,12
5. Средний химический состав шлака, %				
MnO	15,07	12,53	9,75	6,23
FeO	0,56	0,54	0,55	0,52
SiO ₂	44,69	45,58	47,13	46,80
MgO	9,77	9,71	10,08	10,13
Al ₂ O ₃	11,24	13,93	14,20	18,23
CaO	18,50	17,52	18,10	17,83
6. Получено шлака, кг	37,01	36,51	36,10	39,58
7. Основность (CaO/MgO·SiO ₂)	0,63	0,60	0,60	0,60
8. Кратность шлака	1,10	1,11	1,06	1,12
10. Извлечение марганца в спелном, %	75	77	80	83

Опытные плавки, проведенные с использованием марганцевых окатышей, подтвердили их удовлетворительные качественные показатели по механической прочности и термической стойкости. Печь работала со стабильной токовой мощностью и термическим КПД, что свидетельствует о высокой технологичности и экономичности показателями.

При повышении содержания оксида алюминия в шлаке с 11,24 до 18,23% содержание оксида марганца в нем снизилось с 15,07 до 6,23%, а степень извлечения марганца выросла до 83%. Степень извлечения (сжигание) во всех вариантах плавки находилась практически на одном уровне (38-39%). Полученные слитки соответствовали ферросиликомарганцу марки МгС17.

На основании термодинамическо-диаграммного анализа пятивершиннике опытные шлаки по составу располагаются в фазовом поле $2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 - \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 - 2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{SiO}_2$. Для данного пентопола по уравнениям трансформации фазового состава от содержания первичных оксидов с использованием математической модели фазовой диаграммы системы $\text{MgO} \cdot \text{MnO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ были рассчитаны нормативные фазовые составы опытных шлаков по Балансовому методу, разработанному в Химико-металлургическом институте им. Ж. Абиева (Казахстан, г. Карагану).

Средний химический и фазовый составы опытных шлаков
выплавки ферросиликомарганца

Вариант плавки	Химический состав					Фазовый состав				
	MnO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	2MnO·SiO ₂	CaO·MgO·2SiO ₂	CaO·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	2MgO·SiO ₂	SiO ₂
1	15,18	45,02	9,84	11,32	18,64	21,59	44,96	27,19	2,58	-
2	12,62	45,92	9,78	14,03	17,65	17,95	38,25	38,33	4,65	0,81
3	2	42,82	10,16	14,31	18,23	13,96	39,89	39,09	4,78	2,26
4	6,28	47,48	10,21	18,34	18,0	8,93	30,42	50,11	7,94	2,59

* Для проведения расчетов химических составы пересчитаны на 100%

Ввод в базовую шихту глины, высокозольных углей и доломита привело к увеличению содержания оксидов алюминия в шлаке с 11,32 до 18,34 % и перемешивания составы конечных шлаков в рекомендуемую для высококремнистых марганцевых сталей формулу [7]. В результате этого удалось избежать образования газопористых руд, область всплавления анортит-диопсидовых шлаков, содержащих анортитовую фазу более 50% (таблица 6, шлак №4), в которой создаются оптимальные термодинамические и кинетические условия восстановления марганца

Materials of the XI International scientific and practical conference

и кремния. Заданное количество глинозема обеспечило образование шлага анортитового состава с содержанием остаточного кремнезема менее 3%, исключив образование геленита, присутствие которого ведет к образованию коротких тугоплавких телетитных шлаков с высокой активностью глинозема. Переход на магнетитовые шлаки при суммарной основности $\text{CaO} + \text{MgO}/\text{SiO}_2 = 0,6$ обеспечил стабильный технологический режим во всех вариантах опытных плавов (таблица 5).

Литература:

1. Жучков В.И. Технология марганцевых ферросплавов. Ч. 1. Высокоуглеродистый ферромарганец / В.И. Жучков, Л.А. Смирнов, В.П. Зайко. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 414 с.
2. Ветман Е.Ф. Окускование руд и концентратов. – М.: Металлургия, 1976. – 224 с.
3. Святков Б.А. Становление и развитие марганцевой отрасли Казахстана / М.Ж. Толымбеков, С.О. Байсанов. Алматы: Искандер, 2002. – 416 с.
4. Акбердин А.А. Балансовый метод расчета равновесного фазового состава многокомпонентных систем/ А.А. Акбердин // КИМС. – 1995. – № 3. – С. 92.
5. Гасик М.И. Электротермия марганца. – К.: Техника, 1979. – 167 с.
6. Рысс М.А. Производство ферросплавов. – М.: Металлургия, 1985. – 344 с.

Кобелева Л.И., Болотова Л.К., Калашников И.Е.,

Колмаков А.Г., Катин И.В.

Федеральное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАДИЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ

Одной из актуальных задач современного материаловедения является создание функционально армированных или градиентных композиционных материалов (ГКМ), имеющих различные структурно-фазовые состояния в объеме и на поверхности материала. Основное преимущество ГКМ заключается в том, что в них могут быть локально организованы слои со свойствами, необходимыми для специальных применений, такими как высокотемпературная износостойкость, сопротивление трению, коррозионная стойкость. Получение ГКМ осуществляется различными методами обработки поверхности – механической, термической, механическим легированием, нанесением пленок, покрытий. Наиболее экономичным способом изготовления ГКМ является центробежное литье. Форми-

рование внутри матричного расплава локальных зон, обогащенных и обедненных частицами, происходит при движении частиц в поле действия центробежных сил. Сегрегация частиц может сохраниться в отливке при затвердевании смеси, подвергшейся центрифугированию.

Центробежным литьем на базе промышленного литейного алюминиевого сплава АК12 изготовлены образцы ГКМ следующего состава (таблица). Режим центробежного литья был одинаков для всех ГКМ: температура нагрева оснастки $210 \pm 10^\circ\text{C}$, расплава $750 \pm 10^\circ\text{C}$, ось вращения вертикальная, скорость вращения печи 1200 об/мин, длительность обработки 3 мин. Образцы имели форму втулок с наружным диаметром 92-94 мм, внутренним диаметром ~60 мм, высотой 60-90 мм. Втулки разрезали на сектора по образующей и анализировали их боковую поверхность с наружной и внутренней сторон.

Перемещение дисперсных частиц в поле действия центробежных сил определяется их плотностью. Сила, действующая на частицы при центробежном литье, увеличивается с увеличением плотности частиц, помещенных в расплав. Значения плотности армирующих частиц γ_p и величина, определяющая поведение частиц в поле действия центробежных сил ($\Delta = \gamma_p - \gamma_m$), где γ_m – плотность матричного сплава АК12 ($2,67 \text{ г/см}^3$), приведены в таблице.

Таблица
Состав образцов, изготовленных методом центробежного литья

№ п/п	Композиция	средний размер частиц dcp = 40 мкм	$\gamma_p, \text{г/см}^3$	$(\gamma_p - \gamma_m), \text{г/см}^3$
1	АК12-10%Al ₂ O ₃	dcp = 40 мкм	3,99	1,33
2	АК12+10% С графит	dcp = 200-400 мкм	1,7	-0,96
3	АК12+2%Al ₂ O ₃ +3% С графит			
4	АК12+10%Al ₂ O ₃ +2% С графит			
5	АК12+10%B ₄ C (d ≤ 60 мкм)		2,51	-0,16
6	АК12 + 5% базальта (короткие волокна dcp = 12 мкм, длина ≤ 3 мм)		2,75	0,09

Исследование структуры и распределения частиц в градиентных слоях (ГС) на трех уровнях по высоте отливки выявило, что ширина ГС, распределение частиц в этих слоях, а так же по высоте втулок меняются с изменением удельного веса частиц.

В образце 1 выявлены области измененного состава с повышенной объемной долей наполнителя V_p до 35-45%, расположенные вдоль наружной поверхности цилиндра. Армирующая фаза достаточно равномерно распределена в зонах обогащения. Матрица представляет собой дендриты твердого раствора алюминия, окруженные эвтектикой Al-Si. Кристаллы эвтектического кремния имеют трубную, сферидизированную форму. Количество армирующей фазы верхней и нижней части втулки различно. В верхней части отливки содержание частиц Al₂O₃ и ширина обогащенного слоя заметно меньше, чем в центральной и нижней

