

7. Rodzevich, A.P. Features of Physical and Chemical Properties of Inorganic Salts, Grown in the Electric Field. / A.P. Rodzevich, E.G. Gazenaur, A.S. Walnukova, L.V. Kuzmina. // The 7th International Forum on Strategic Technology IFOST2012, 2012. pp. 296-299.
8. Sangwal K. Etching of crystals: Theory, experiment, and application. In S. Amelinckx and J. Nihoul, Eds., Defects in Solids. North-Holland: Amsterdam, 1987. 497 p.
9. Zakharov, V. Yu. The control of solid phase decomposition of silver azide by noncontact electric field / V. Yu. Zakharov, V. I. Krasheninina, L. V. Kuz'mina, et al. // Solid State Ionics. - 1997. - V. 101-103. - P. 161-164.
10. Kriger, V.G. The effect of crystal size on initiation of decomposition of heavy metal azides by pulse radiation. / V.G. Kriger, A.V. Kalenskii. // Russian Journal of Physical Chemistry. - 1996. - T. 15. - № 3. - С. 351-358.
11. Aluker, E.D. Early Stages of Explosive Decomposition of Energetic Materials, in Focus on Combustion Research, ed. by Sung Z. / E.D. Aluker, B.P. Aduiev, Y.A. Zakharov, A.Y. Mitrofanov, A.G. Krechetov // Focus on Combustion Research. / Aluker E.D -New York: Novapublishers, 2006. P. 55.

### ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КАРБОНАТНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД\*

*И.Д. Рожихина<sup>1</sup>, д.т.н., проф., О.И. Нохрина<sup>2</sup>, д.т.н., проф.,  
И.Е. Прошунин<sup>3</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>*Сибирский государственный индустриальный университет  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, тел. (3843)-74-86-14*

<sup>2</sup>*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

<sup>3</sup>*АО «ЗСМК», г. Новокузнецк, Кемеровская область, e-mail: kafamsf@sibsiu.ru*

Анализ состояния и перспективы развития марганцеворудной сырьевой базы свидетельствуют о целесообразности разработки технологических схем с целью вовлечения в производство имеющихся в России марганцевых руд, в том числе и карбонатных.

Крупнейшее месторождение марганцевых руд России, Усинское, включает 55 % балансовых запасов страны. Оно расположено в Кемеровской области в пределах Алтае-Саянской металлогенической провинции. Марганцевые руды Усинского месторождения характеризуются сравнительно низким содержанием марганца (18 – 22 %) и повышенным содержанием фосфора (0,2 – 0,3 %) [1]. Усинское месторождение сложено двумя генетическими типами руд: первичными (карбонатными) и вторичными (окисленными), химический состав которых приведен в таблице 1. Доля карбонатных руд составляет 94 %, окисленных – 6 % [2].

Таблица 1

Химический состав марганцевых руд Усинского месторождения [3]

Руда	Химический состав, %									
	Mn	Fe	P	S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП	CO <sub>2</sub>
Окисленная	26,9	8,5	0,27	0,05	25,30	3,70	5,0	1,30	13,44	4,31
Карбонатная	19,3	5,96	0,18	1,09	10,33	1,67	14,9	3,17	24,01	23,57

Прямой плавкой практически невозможно получить стандартные сплавы ферромарганца и силико-марганца, целесообразна разработка новых нетрадиционных методов использования этих руд для получения из них материалов хорошего качества, а также таких методов, которые обеспечат заметное повышение извлечения марганца при плавке традиционным углеродотермическим способом [4].

На кафедре металлургии черных металлов был разработан состав смесей для обработки стали марганецсодержащими материалами с использованием в качестве восстановителя кремния самораспадающегося комплексного сплава, выплавленного из Усинской карбонатной руды и кварцита Антоновского месторождения углеродотермическим процессом.

\* Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Минобрнауки РФ на 2014 – 2016 гг.

Сплав с содержанием 40 – 45 % Si и 15 – 30 % Mn получали непрерывным процессом в лабораторной печи мощностью 100 кВт из шихты, навеска которой состояла из 8 кг кварцита, 6 кг карбонатной марганцевой руды (30,5 % Mn, 8 % SiO<sub>2</sub>, 10 % CaO, 1,0 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5,6 % Fe), 2,2 – 2,3 кг железной стружки и 5,8 – 6,3 кг сухого кокса. Выпуск осуществляли через каждый час работы печи. Сплав первого выпуска содержал примерно 25 % кремния, четвертого выпуска – примерно 45 %, содержание марганца при этом колебалось от 15 до 25 %. Усредненный состав выплавленного металла был следующим: 22,17 % Mn и 42,55 % Si. Извлечение марганца в сплав колебалось в пределах от 85 до 90 %.

Марганецосодержащим компонентом смеси является продукт термической обработки карбонатной марганцевой руды.

Для получения продукта термической обработки наилучшие результаты получаются при прокаливании в окислительной атмосфере карбонатной марганцевой руды с содержанием 26 – 31 % Mn, 8 – 11 % CaO и 1 – 3 % MgO, 2 – 7 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 8 – 17 % SiO<sub>2</sub>.

В результате экспериментального изучения процесса обжига карбонатной руды были определены его технологические параметры, позволяющие получать продукт термической обработки, который не содержит свободных основных оксидов и представлен следующими соединениями, % масс.:

- (Ca, Mg) (Mn, Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>                    55 – 75;
- Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>                        5 – 25;
- Кремнезем и другие оксиды    10 – 30.

Технологические параметры процесса:

- длительность обжига в окислительной атмосфере 60 – 70 мин;
- температура обжига 1123 – 1223 К;
- охлаждение в окислительной атмосфере до температуры 723 – 823 К.

Исследования показали, что продукт термической обработки карбонатной руды в окислительной среде не гигроскопичен. Содержание влаги в нем при хранении на воздухе в течение 3 – 4 недель не повышается. Это связано с тем, что все оксиды кальция и магния в продуктах связаны и представлены в изоморфной смеси ферритов и манганитов кальция и магния.

Из подготовленной шихты: продукта термической обработки карбонатной марганцевой руды и самораспадающегося сплава (22,17 % Mn, 42,55 % Si) на гидравлическом брикет-прессе изготавливали брикеты размером 20×50 мм. Брикеты подвергали изотермической выдержке при t = 1873 К в печи сопротивления в течение 10 мин.

Состав брикетов и результаты восстановления компонентов брикетов приведены в таблицах 2 и 3.

При использовании материала термической обработки в смесях для обработки стали марганецосодержащими материалами обеспечивается не только высокая скорость восстановления марганца и железа из их оксидов, но и высокая скорость взаимодействия продуктов реакций.

Таблица 2

Состав брикетов

Компоненты	Составы, масс. %			
	1	2	3	4
Сплав комплексный самораспадающийся	56,5	47,5	43,0	47,0
Продукт термической обработки карбонатной марганцевой руды	39,5	47,5	51,5	47,5
Жидкое стекло	4,0	5,0	5,5	5,5

Таблица 3

Результаты восстановления компонентов брикетов

Характеристики	Составы брикетов			
	1	2	3	4
Состав сплава, %				
Mn	51,20	52,70	51,90	52,60
Si	24,10	24,30	24,80	24,70
Состав шлака, %				
MnO	4,36	6,68	6,03	15,0
SiO <sub>2</sub>	43,0	43,78	43,62	47,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,16	20,28	20,93	Не определен
CaO	19,7	17,7	21,2	
Кратность шлака	0,48	0,52	0,53	0,7
Извлечение марганца в сплав, %	89,2	88,70	91,00	90,20

Из результатов таблицы 3 следует, что извлечение марганца составило 88,7 – 91 %, а полученный сплав содержал 51,2 – 52,7 % марганца и 24,1 – 24,8 % кремния.

При определении оптимального состава брикетов было установлено, что при использовании брикетов состава, масс. %:

– продукт термического обжига карбонатной марганцевой руды ((Ca,Mg)(Mn,Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – 64, MnO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 23, SiO<sub>2</sub> и другие оксиды – 12) – 48 – 52;

– комплексный саморассыпающийся сплав (Mn – 22,17 %, Si – 42,55 %) 48 – 44;

– связующее – 4.

Извлечение марганца из продукта термического обжига составляет 88 – 91 %.

Брикеты приведенного состава целесообразно применять при обработке стали марганецсодержащими материалами в ковше, на агрегате типа «печь-ковш», что позволяет выплавлять сталь с содержанием марганца до 2 % без использования стандартных марганцевых ферросплавов, при этом использование комплексного саморассыпающегося сплава (40 – 45 % Si, 25 – 30 % Mn) обеспечивает высокое извлечение марганца (80 – 85 %), снижение доли фосфора, ликвидируются затраты на дробление восстановителя.

Литература.

1. Тигунов Л.П. Марганец: геология, производство, использование / Л.П. Тигунов, Л.А. Смирнов, Р.А. Минаджиева. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2006. – 184 с.
2. Борисов С.М. Результаты геологоразведочных работ на марганцевые руды в Кемеровской области / С.М. Борисов, А.В. Зябкин, С.С. Старкин // Сб. научных трудов «Состояние марганцево-рудной базы России и вопросы обеспечения промышленности марганцем. – Красноярск: 2001. – С. 36 – 38.
3. Серов Г.В. О промышленном освоении Усинского месторождения марганцевых руд / Г.В. Серов, В.И. Хобот, А.П. Литвиненко // Сталь. – 2006. – № 11. – С. 83 – 86.
4. Пат. № 2005803 РФ МКИ С22С33/04 Способ производства ферромарганца для сварочного производства / Толстогузов Н.В., Рожихина И.Д., Нохрина О.И. и др. – № 5034207/02; заявл. 26.03.92; опубл. 15.01.04. Бюл. № 1.

## РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ

*Н.А. Сапрыкина, ст. преподаватель, А.А. Сапрыкин, к.т.н., доц.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*E-mail: nat\_anat\_sapr@mail.ru*

В современной экономике для снижения затрат на изготовление конкурентоспособной продукции применяют технологии быстрого прототипирования. С их помощью можно создавать изделия любой геометрической сложности без предварительных затрат на подготовку средств технологического оснащения. К настоящему времени известно большое количество технологий быстрого прототипирования, которые отличаются друг от друга применяемым материалом и способом формообразования изделия [1]. Основными являются стереолитография (СЛ), послойная укладка расплавленной полимерной нити (FDM), изготовление объектов с использованием технологии ламинирования (ЛОМ), селективное лазерное спекание (СЛС), которые находят применение в литейном производстве, промышленном дизайне, медицине (имплантаты) и других сферах. Наибольшие перспективы имеет метод селективного лазерного спекания (плавления) физической копии различных объектов из порошковых материалов на основе 3D CAD-модели, который позволяет изготавливать функциональные изделия [2]. Данная технология предусматривает использование широкого спектра исходных материалов – от пластиков до различных металлических сплавов [3]. В результате смешивания различных порошковых материалов можно создавать сплавы, недоступные для обычных способов изготовления. Термическое воздействие лазерного излучения на порошковый материал значительно влияет на качество изделий и сопровождается достаточно сложными и разнообразными по своей природе физическими явлениями, а качественные изделия можно получить только в узком диапазоне режимов [4]. Для улучшения качества спеченных изделий в большинстве случаев применяют последующую обработку [5]. Но методы пост-обработки не позволяют управлять геометрическими и микрогеометрическими параметрами получаемых поверхностей, поэтому необходимо достигать высоко-