

ПРОИЗВОДСТВО МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД

Полулях Л.А., к.т.н., доцент кафедры экстракции и рециклинга черных металлов (larpol2006@yandex.ru)

Дашевский В.Я., д.т.н., профессор кафедры экстракции и рециклинга черных металлов

Юсфин Ю.С., д.т.н., профессор кафедры экстракции и рециклинга черных металлов

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

(119049, Россия, г. Москва, Ленинский пр., 4)

Аннотация. Исследована возможность и предложена оптимальная технологическая схема получения марганцевых ферросплавов из марганцевых руд Усинского месторождения на основании проведенного анализа химического состава концентратов и показателей процессов выплавки марганцевых ферросплавов. Показано, что по исследуемой технологической схеме возможно получение стандартных марганцевых ферросплавов без привлечения богатых по содержанию марганца низкофосфористых импортных марганцевых руд. Решение данной проблемы имеет стратегическое значение с позиции экономической безопасности страны и замещения импорта марганцесодержащих ресурсов. Актуализировано направление, позволяющее исследовать возможности не только увеличения объема выплавки в России высокоуглеродистого ферромарганца и ферросиликомарганца, в том числе за счет вовлечения в производство отечественных марганцевых руд, но и разработки импортозамещающих технологий по производству рафинированных марганцевых ферросплавов – средне- и низкоуглеродистого ферромарганца и металлического марганца из этих руд.

Ключевые слова: марганец, ресурсы марганца, некондиционные руды, производство марганцесодержащих сплавов, сырьевая база марганца.

После распада Советского Союза Россия оказалась без марганцеворудной базы. Потребность в марганцевых ферросплавах в Российской Федерации составляет порядка 600 – 650 тыс. т в год. Сортамент марганцевых ферросплавов включает в себя высоко-, средне- и низкоуглеродистый ферромарганец, ферросиликомарганец и металлический марганец. Потребность России в крупнотоннажных сплавах марганца (высокоуглеродистом ферромарганце и ферросиликомарганце) примерно на 60 % закрывается за счет импорта, а в средне- и низкоуглеродистом ферромарганце и металлическом марганце – на 100 % (главным образом, из Украины), электролитический марганец импортируют из Китая.

Высокоуглеродистый ферромарганец в России в настоящее время выплавляют в доменных печах Косогорского металлургического и Саткинского чугуноплавильного заводов из импортных марганцевых руд [1]. Ферросиликомарганец периодически производили на Челябинском электрометаллургическом комбинате (в основном из казахстанской марганцевой руды). В настоящее время объем производства высокоуглеродистого ферромарганца составляет порядка 190 тыс. т, а ферросиликомарганец не производят.

Проблема ускорения создания отечественной марганцеворудной базы с позиции экономической безопасности страны и замещения импорта представляется весьма важной. Несмотря на то, что марганец относится к группе полезных ископаемых, имеющих важное стратегическое значение, до настоящего времени Россия вынуждена импортировать товарную марганцевую

руды, марганцесодержащие ферросплавы, металлический марганец, диоксид марганца, перманганат калия. Необходимо не только увеличивать объем выплавки в России высокоуглеродистого ферромарганца и ферросиликомарганца, в том числе за счет вовлечения в производство отечественных марганцевых руд, но и разработать импортозамещающие технологии по производству рафинированных марганцевых ферросплавов – средне- и низкоуглеродистого ферромарганца и металлического марганца из этих руд.

Балансовые запасы марганцевых руд в России составляют около 290 млн т (0,2 % мировых), прогнозные ресурсы – более 1 млрд т [2]. На территории России марганцевые руды представлены преимущественно тремя типами: карбонатными, окисными и окисленными. В структуре подтвержденных запасов преобладают (90,2 %) бедные карбонатные руды (19,8 % Mn) с высоким содержанием фосфора (0,2 – 0,3 % и более). Запасы окисных руд, содержащих 23 – 26 % Mn, составляют 6 % [3]. Месторождения расположены в Кемеровской области (Усинское), в Красноярском крае (Порожинское), на Урале (Североуральские), в Республике Коми (Порнокское), в Иркутской области (Новониколаевское) и др. (рис. 1).

Руды этих месторождений характеризуются низким содержанием марганца и повышенным содержанием фосфора. Месторождения в большинстве случаев маломощные и расположены в труднодоступных районах. В табл. 1 приведены запасы марганцевых руд по районам России. Добыча марганцевых руд на территории России не ведется [3]. Для обеспечения ресурсной не-

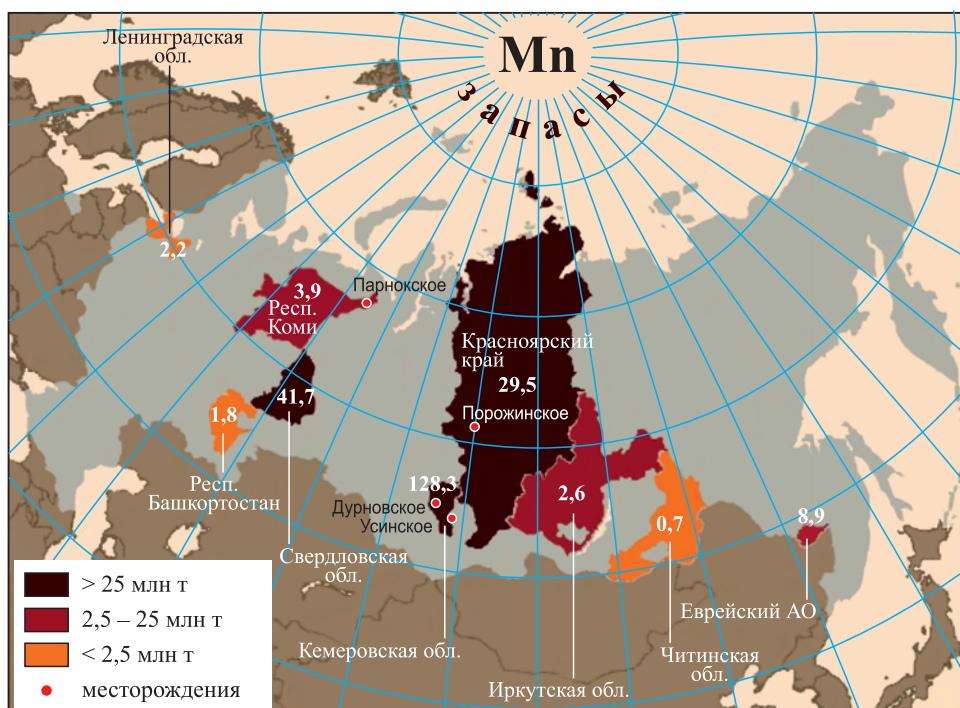


Рис. 1. Месторождения марганцевых руд на территории России

Таблица 1

Запасы марганцевых руд по районам России, млн т [2]

Регион	Балансовые запасы			Прогнозные ресурсы
	$A + B + C_1$	C_2	итого запасов	
Свердловская область	41,3	—	41,3	49,2
Кемеровская область	98,5	—	98,5	150,4
Хабаровский край	6,5	2,5	9,0	53,2
Республика Коми	—	3,9	3,9	101,2
Оренбургская область	—	4,2	4,2	31,0
Иркутская область	—	4,8	4,8	36,2
Красноярский край	—	121,5	121,5	201,0
Республика Башкортостан	—	—	—	90,0
Алтайский край	—	—	—	200,0
Архангельская область	—	—	—	130,0
Итого	146,3	136,9	283,2	1042,2

зависимости российской металлургии в обеспечении марганцевыми ферросплавами необходимо проводить работы по созданию собственной рудной базы.

Из разведанных отечественных марганцевых месторождений наиболее перспективное Усинское месторождение, одно из крупнейших в России по запасам, открыто в 1939 г. Оно находится в юго-восточной части Кемеровской области в 70 км северо-восточнее г. Междуреченска в горно-таежной местности (рис. 2). Усинское месторождение сложено двумя генетическими типами руд: первичными (карбонатными) и вторичными (окисленными), химический состав которых приведен

в табл. 2. Доля карбонатных руд составляет 94 %, доля окисленных – 6 %, смешанный тип руд слабо развит.

В настоящее время ведутся научные и практические исследования с целью вовлечения в производство отечественных марганцевых руд и выплавки из них ферросплавов в объемах, по крайней мере, покрывающих потребность отечественной металлургической промышленности. Поскольку отечественные марганцевые руды характеризуются низким содержанием марганца и повышенным содержанием фосфора, они должны подвергаться обогащению. В процессе обогащения марганцевых руд и последующей выплавки ферросплавов

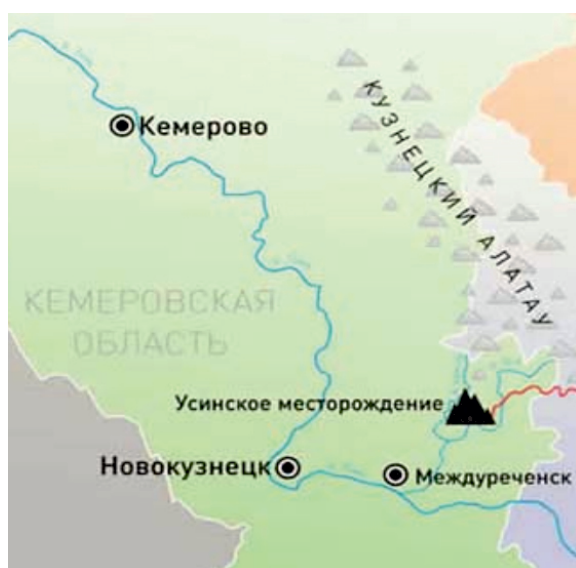


Рис. 2. Схема расположения Усинского месторождения в Кемеровской области

значительная часть марганца теряется с отвальными продуктами – шламами, хвостами и шлаками. Сквозное извлечение от руды до товарных ферросплавов составляет 50 – 55 % [5].

Марганцевые руды Усинского месторождения, как отмечено выше, характеризуются сравнительно низким содержанием марганца (18 – 22 %) и повышенным содержанием фосфора (0,2 – 0,3 % и более). По своему минералогическому составу они близки к карбонатным марганцевым рудам Никопольского месторождения (Украина). Однако, при использовании для обогащения усинских руд тех же схем, которые используют для никопольских руд, получают концентраты, из которых невозможно выплавить стандартные по содержанию марганца и фосфора ферросплавы.

В настоящее время ведутся работы по созданию на Усинском месторождении горно-обогажительного комбината. На основании обобщения результатов всех ранее выполненных технологических исследований руд Усинского месторождения институт «Уралмеханобр» предложил схему обогащения карбонатных и окисленных руд [4]. Технологическая схема обогащения предполагает использование рентгенофлуоресцентной

(рентгенорадиометрической) сепарации. Рентгенофлуоресцентная сепарация – высокоэффективная и экологически чистая технология обогащения минерального и вторичного сырья. К достоинствам метода следует отнести то, что это единственный «прямой» метод оценки концентрации большинства элементов, содержащихся в руде или любом кусковом материале, по сравнению с традиционными «мокрыми» методами обогащения (гравитация, флотация).

Предлагаемая технологическая схема обогащения карбонатной руды включает следующие основные операции:

- грохочение руды крупностью 100 мм на классы крупности –100+50 мм, –50+20 мм, –20+10 мм и –10+0 мм. Поскольку глубина ионизирующего излучения рентгеновских трубок рентгенорадиометрических сепараторов (РРС) не превышает 0,3 мм, для эффективной работы РРС предусматривается обесшламливание материала и отмыв кусков горячей водой;

- две стадии РРС материала классов –100+50 мм и –50+20 мм. В первой стадии удаляются отвальные хвосты и выделяется обогащенный марганцем продукт, во второй стадии предусмотрено выделение концентрата с содержанием марганца 36,0 % (концентрат I сорта) и рядового концентрата с содержанием марганца 25,2 % (концентрат II сорта), выход концентратов 10,84 и 31,50 % соответственно;

- материал класса –20+0 мм предусмотрено обогащать отсадкой – наиболее распространенным способом обогащения марганцевых руд. Концентрат отсадки –20+10 мм содержит 24,0 % марганца при выходе 5,80 % и извлечении ценного компонента 7,24 % от исходной руды. Концентрат соответствует II сорту ТУ на карбонатные руды. Отсадка материала классов –10+4 и –4 мм из карбонатных и окисленных руд осуществляется раздельно-повременно на одних и тех же отсадочных машинах с интервалом перехода не менее суток. Концентраты фракций –10+4 и –4+0 мм с содержанием марганца 23,5 и 23,3 % соответственно относятся к II сорту ТУ на карбонатные концентраты.

Хвосты отсадочных машин рекомендуется складировать отдельно с целью возможного извлечения марганца из них другими методами (гидрометаллургия, химическое обогащение и т.д.).

Таблица 2

Химический состав марганцевых руд Усинского месторождения, % [4]

Руда	Mn	MnO	MnO ₂	P	P ₂ O ₅	Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
Карбонатная	19,23	24,83	–	0,152	0,35	4,92	5,04	1,42	17,44
Окисленная	24,37	1,08	36,68	0,235	0,54	8,26	–	11,51	25,54
Руда	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	TiO ₂	K ₂ O + Na ₂ O	S	ппп	CO ₂
Карбонатная	18,18	2,02	3,18	0,16	0,17	0,80	0,96	24,01	23,57
Окисленная	5,60	3,36	1,44	0,15	0,17	0,20	0,11	13,44	4,31

Схема обогащения окисленных руд включает следующие основные операции:

– промывку исходной руды с содержанием марганца 24,37 % крупностью –80+0 мм с выделением кусковой фракции с содержанием марганца 35,83 % при выходе 27,20 % и извлечении ценного компонента 40,0 %;

– раздельную отсадку материала классов –10+4 мм и –4 мм. Концентрат отсадки материала класса –10+4 мм характеризуется следующими показателями: выход – 12,12 %, содержание марганца – 35,0 %, извлечение марганца от исходной руды – 17,41 %. Концентрат отсадки материала –4 мм содержит 34,20 % марганца при выходе 14,20 % и извлечении 11,93 % от исходной руды.

Суммарный концентрат по схеме содержит 35,20 % Mn при выходе 53,52 % и извлечении 77,34 % от исходной руды. Общие хвосты содержат 11,88 % Mn.

Обогащение марганцевых руд Усинского месторождения по описанной выше схеме позволяет получить концентраты, состав которых приведен в табл. 3.

Исходя из химического состава концентратов, получаемых в результате обогащения марганцевых руд Усинского месторождения, авторами были рассмотрены различные технологические схемы выплавки марганцевых ферросплавов. Ниже описаны выбранные оптимальные варианты. На первом этапе предполагается организация производства высокоуглеродистого ферромарганца (флюсовым способом) в доменных печах, ферросиликомарганца и среднеуглеродистого ферромарганца в электропечах (рис. 3),

на втором этапе – высокоуглеродистого ферромарганца (бесфлюсовым способом), низкоуглеродистого ферромарганца и металлического марганца в электропечах (рис. 4).

Первый этап. Первыми потребителями концентратов, которые могут быть получены из марганцевых руд Усинского месторождения по описанной выше схеме обогащения, по всей видимости, будут Косогорский металлургический и Саткинский чугунолитейный заводы, в доменных печах которых в настоящее время выплавляют высокоуглеродистый ферромарганец флюсовым способом.

Высокоуглеродистый ферромарганец (флюсовый способ). Для выплавки стандартного высокоуглеродистого ферромарганца марганецсодержащие компоненты шихты должны отвечать следующим требованиям: $P/Mn \leq 0,0045$; $Fe/Mn \leq 0,10$. Этим требованиям отвечает только карбонатный концентрат I сорта (см. табл. 3). При работе доменной печи на карбонатном концентрате I сорта будут получены металл и шлак, составы которых приведены ниже, %:

высокоуглеродистый ферромарганец

Mn	Fe	C	Si	P	S
79,37	12,41	6,45	1,36	0,39	0,02

шлак

Mn	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
12,15	0,73	32,13	37,82	5,97	6,20	0,060	1,49

Таблица 3

Химический состав концентратов, % [4]

Компоненты	Карбонатный					Оксидный		
	I сорт	II сорт	отсадка			крупный	отсадка	
	20 – 100 мм	20 – 100 мм	10 – 20 мм	4 – 10 мм	0 – 4 мм	10 – 80 мм	4 – 10 мм	0 – 4 мм
Mn	36,00	25,20	24,00	23,50	23,30	35,83	35,00	34,20
P	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,216	0,220	0,230
Fe	3,20	3,30	3,60	5,00	5,00	11,07	10,90	10,54
SiO ₂	9,49	13,32	13,87	14,17	14,29	12,72	13,20	13,60
CaO	7,44	14,95	15,70	16,03	16,17	2,36	2,36	2,40
MgO	1,76	2,85	2,99	3,05	3,08	1,52	1,51	1,48
Al ₂ O ₃	1,18	1,40	1,47	1,50	1,52	1,84	1,89	1,99
BaO	0,10	0,16	0,16	0,16	0,17	0,20	0,20	0,22
TiO ₂	0,08	0,09	0,11	0,12	0,12	0,14	0,14	0,15
Na ₂ O + K ₂ O	0,20	0,25	0,35	0,36	0,37	0,20	0,20	0,20
S	0,80	0,90	0,90	0,96	0,96	0,08	0,09	0,09
ппп	26,58	27,20	26,30	25,95	25,73	7,72	9,49	10,70
Влага	1,0	1,0	13,6	15,0	16,0	3,2	16,0	17,0
P/Mn	0,0044	0,0059	0,0058	0,0060	0,0060	0,0060	0,0060	0,0063
Fe/Mn	0,089	0,131	0,150	0,213	0,215	0,309	0,311	0,308



Расход карбонатного концентрата I сорта на 1 т высокоуглеродистого ферромарганца составит 2756 кг. Высокоуглеродистый ферромарганец соответствует марке ФМн78.

Ферросиликомарганец. Карбонатные концентраты II сорта и отсадки, а также концентраты, получаемые из окисленных руд, в связи с пониженным содержанием марганца и повышенным содержанием фосфора могут быть использованы только для выплавки ферросиликомарганца.

Окисленные руды, доля которых составляет 6 % от общих запасов, образовались в коре выветривания первичных руд. Первоначально будут добываться окисленные и карбонатные руды. После выработки окисленных руд останутся одни карбонатные руды. Поэтому рассмотрены два варианта выплавки ферросиликомарганца из концентратов усинских руд. В первом варианте в качестве рудной части шихты будет использована смесь карбонатных концентратов (II сорта и отсадки) и коллективного оксидного концентрата (50/50), во втором – только карбонатные концентраты (II сорта и отсадки). Опыты по выплавке ферросиликомарганца в доменных печах показали, что процесс связан со значительными энергетическими затратами и серьезными технологическими трудностями. Поэтому ферросиликомарганец в доменных печах не производят, а выплавляют в рудно-термических печах. Для производства ферросиликомарганца потребуется создание соответствующего ферросплавного цеха, оборудованного рудно-термическими печами.

Химический состав получаемых продуктов приведен ниже, %:

ферросиликомарганец

Вариант	Mn	Si	Fe	C	P	S
<i>I</i>	63,31	15,37	19,10	1,80	0,40	0,02
<i>II</i>	67,84	16,35	13,43	1,94	0,42	0,02

шлак

Вариант	MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
<i>I</i>	10,99	1,38	49,65	25,95	4,91	6,34	0,06	0,72
<i>II</i>	8,17	0,68	37,19	40,86	3,95	7,91	0,05	1,19

Расход материалов на 1 т ферросиликомарганца: вариант *I* – 1341 кг карбонатных концентратов (II сорта и отсадки) и 1341 кг коллективного оксидного концентрата; вариант *II* – 3534 кг карбонатных концентратов (II сорта и отсадки). Ферросиликомарганец вариантов *I* и *II* соответствуют марке МнС17.

Среднеуглеродистый ферромарганец. При наличии передельного ферросиликомарганца возможна организация производства среднеуглеродистого ферромарганца, который выплавляют в дуговых электрических печах. Производство его может быть организовано в том же цехе, что и ферросиликомарганца, оборудо-

ванного также дуговыми рафинировочными печами. Стандартный сплав может быть получен только при использовании в шихте карбонатного концентрата I сорта. Рассмотрены два варианта выплавки среднеуглеродистого ферромарганца: в качестве восстановителя в первом варианте используют ферросиликомарганец варианта *I*, во втором – ферросиликомарганец варианта *II*. Химический состав получаемых продуктов приведен ниже, %:

среднеуглеродистый ферромарганец

Вариант	Mn	Fe	C	Si	P	S
<i>I</i>	77,69	20,09	1,50	0,38	0,33	0,01
<i>II</i>	82,16	15,49	1,59	0,40	0,35	0,01

шлак

Вариант	MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
<i>I</i>	20,49	0,23	31,36	49,91	1,31	1,94	0,31	0,45
<i>II</i>	20,49	0,23	31,36	49,91	1,31	1,94	0,31	0,45

Расход материалов на 1 т среднеуглеродистого ферромарганца: вариант *I* – 1398 кг карбонатного концентрата I сорта, 830 кг ферросиликомарганца варианта *I*; вариант *II* – 1471 кг карбонатного концентрата I сорта, 830 кг ферросиликомарганца варианта *II*. Среднеуглеродистый ферромарганец вариантов *I* и *II* соответствуют марке FeMn80C20 (ISO).

Второй этап. Исходя из химического состава карбонатного концентрата I сорта, из него возможно выплавлять высокоуглеродистый ферромарганец не только флюсовым, но и бесфлюсовым способом. В этом случае получают металл и низкофосфористый передельный шлак. Этот шлак является исходным марганецсодержащим компонентом при выплавке передельного высококремнистого силикомарганца и металлического марганца. Наличие передельного силикомарганца позволяет выплавлять металлический марганец и низкоуглеродистый ферромарганец.

Высокоуглеродистый ферромарганец (бесфлюсовый способ). При плавке высокоуглеродистого ферромарганца бесфлюсовым способом 60 % марганца, содержащегося в шихте, восстанавливают в металл, а 30 % марганца оставляют в шлаке, который в дальнейшем используют как низкофосфористый марганецсодержащий компонент в шихте при выплавке передельного силикомарганца и металлического марганца. Выплавить высокоуглеродистый ферромарганец в доменной печи с получением сплава и передельного шлака невозможно. Высокоуглеродистый ферромарганец бесфлюсовым способом возможно выплавить только в руднотермической печи, для чего потребуется создание соответствующего ферросплавного цеха.

Химический состав получаемых металла и шлака приведен ниже, %:

высокоуглеродистый ферромарганец

Mn	Fe	C	Si	P	S
78,96	12,33	6,41	1,76	0,51	0,03

переловный шлак

MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
40,02	0,61	28,68	21,54	4,69	5,17	0,05	1,24

Расход концентрата I сорта на 1 т высокоуглеродистого ферромарганца составит 3654 кг, будет получено 1454 кг переловного шлака. Высокоуглеродистый ферромарганец соответствует марке ФМн78, а переловный шлак, содержащий 31,0 % Mn и 0,02 % P, в дальнейшем используется как марганецсодержащий низкофосфористый продукт.

Технология выплавки металлического марганца силикотермическим способом предполагает три стадии: I – выплавка низкофосфористого высокомарганцевого шлака; II – выплавка переловного силикомарганца из низкофосфористого шлака; III – выплавка металлического марганца из низкофосфористого шлака и переловного силикомарганца. С целью повышения полезного использования марганца авторами был разработан способ выплавки металлического марганца [6], сущность которого заключается в том, что исключается первая стадия – выплавка низкофосфористого высокомарганцевого шлака, а переловный силикомарганец и металлический марганец выплавляют из переловного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца.

Переловный силикомарганец. Переловный силикомарганец выплавляют из переловного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца в рудно-термических печах. Химический состав получаемых продуктов приведен ниже, %:

переловный силикомарганец

Mn	Fe	C	Si	P	S
69,46	1,82	0,05	28,55	0,08	0,04

шлак

MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
6,21	0,07	45,40	30,51	8,62	8,135	0,005	1,05

Расход переловного шлака на 1 т силикомарганца составит 2805 кг. Силикомарганец соответствует марке МнС25.

Металлический марганец. Металлический марганец выплавляют из переловного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца и переловного силикомарганца в дуговых рафинировочных печах. Химический состав получаемых продуктов приведен ниже, %:

металлический марганец

Mn	Fe	C	Si	P	S
96,28	2,92	0,04	0,63	0,08	0,04

шлак

MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
15,11	0,04	30,75	46,13	3,58	3,90	0,02	0,47

Расход материалов на 1 т металлического марганца: переловный шлак – 3694 кг; переловный силикомарганец – 728 кг. Металлический марганец соответствует марке Мн95.

Низкоуглеродистый ферромарганец. Стандартный сплав может быть получен только при использовании в шихте карбонатного концентрата I сорта, а в качестве восстановителя – переловного силикомарганца. Низкоуглеродистый ферромарганец выплавляют в дуговых рафинировочных печах. Химический состав получаемых металла и шлака приведен ниже, %:

низкоуглеродистый ферромарганец

Mn	Fe	C	Si	P	S
90,86	8,19	0,04	0,62	0,27	0,02

шлак

MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
20,53	0,35	31,37	43,92	1,30	1,94	0,14	0,45

Расход материалов на 1 т низкоуглеродистого ферромарганца: карбонатный концентрат I сорта – 2263 кг; переловный силикомарганец – 721 кг. Низкоуглеродистый ферромарганец соответствует марке ФМн90.

При выплавке марганцевых ферросплавов большое количество марганца теряется с отвальными шлаками. Значительными потерями марганца (до 30 – 40 %) со шлаком характеризуются процессы выплавки средне- и низкоуглеродистого ферромарганца и металлического марганца. Извлечение марганца в металл в этих процессах составляет не более 60 – 65 %. Повышенное содержание марганца в шлаке (15 – 18 % Mn) и весьма низкое содержание фосфора (0,003 – 0,005 % P) позволяют рассматривать его как перспективный марганецсодержащий материал. Проведенный термодинамический анализ процесса восстановления марганца из отвального шлака силикотермической плавки металлического марганца при взаимодействии шлака с расплавами чугуна [7] показал, что получает развитие реакция взаимодействия углерода металла с оксидом марганца шлака – восстановленный из шлака марганец переходит в металл. Следовательно, полезное извлечение марганца может быть повышено за счет использования отвального шлака силикотермической плавки средне- и низкоуглеродистого ферромарганца.

ца и металлического марганца для легирования чугуна марганцем путем обработки жидкого металла шлаком. При этом снижается (или полностью исключается) расход марганцесодержащего сырья в шихте при выплавке чугуна. Предложенный способ легирования чугуна марганцем защищен патентом [8].

Выводы. На основании проведенного анализа химического состава концентратов, получаемых при обогащении марганцевых руд Усинского месторождения, и процессов выплавки марганцевых ферросплавов предложена оптимальная технологическая схема получения всей гаммы марганцевых ферросплавов из марганцевых руд Усинского месторождения. Показано, что по данной технологической схеме возможно получение стандартных марганцевых ферросплавов без привлечения богатых по содержанию марганца низкофосфористых импортных марганцевых руд.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонтьев Л.И., Жучков В.И., Смирнов Л.А., Дашевский В.Я. Производство ферросплавов в мире и России // Сталь. 2007. № 3. С. 43 – 47.
2. Тигунов Л.П., Смирнов Л.А., Менаджиева Р.А. Марганец: технология, производство, использование. – Екатеринбург: изд. АМБ, 2006. – 184 с.
3. Чернобровин В.П., Мизин В.Г., Сирина Т.П., Дашевский В.Я. Комплексная переработка карбонатного марганцевого сырья: химия и технология. – Челябинск: изд. центр ЮУрГУ, 2009. – 294 с.
4. Технологический регламент для проекта «Строительство Усинского ГОКа. Дробильно-обогатительная фабрика» / ОАО «Уралмеханобр». – Екатеринбург. 2008. – 64 с.
5. Лякишев Н.П., Гасик М.И., Дашевский В.Я. Металлургия ферросплавов. Ч. 1. – М.: Учеба, 2006. – 117 с.
6. А. с. 1254044 СССР. Шихта для выплавки металлического марганца / В.Я. Дашевский, В.Я. Щедровицкий, Я.В. Дашевский, и др. 1984. Бюл. № 32.
7. Александров А.А., Дашевский В.Я., Юсфин Ю.С. и др. Повышение полезного использования марганца при производстве металлического марганца // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 7. С. 32 – 37.
8. Пат. 2458994 РФ. Способ легирования чугуна марганцем / В.Я. Дашевский, А.А. Александров, Ю.С. Юсфин и др. 2012. Бюл. № 23.

© 2014 г. *Полулях Л.А., Дашевский В.Я., Юсфин Ю.С.*
Поступила 22 июля 2014 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA – FERROUS METALLURGY. 2014. No. 9. Vol. 57, pp. 5–12.

PRODUCTION OF MANGANESE FERROALLOYS FROM DOMESTIC MANGANESE ORES

Polulyakh L.A., Assist. Professor of the Chair “Extraction and recycling of ferrous metals”

(larpol2006@yandex.ru)

Dashevskii V.Ya., Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Extraction and recycling of ferrous metals”

Yusfin Yu.S., Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Extraction and recycling of ferrous metals”

National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS)
(4, Leninskii pr., Moscow, 119049, Russia)

Abstract. This paper studies the possibility and proposed optimal technological scheme of manganese ferroalloys of manganese ores from Usinskoye deposit on the basis of analysis of the concentrates chemical composition and indicators of manganese ferroalloys smelting processes. It is shown that the standard manganese ferroalloys can be produced without attracting the rich content of manganese, low-phosphorous import manganese ore. The solution of this problem is of strategic importance from the standpoint of economic security and import substitution of manganese resources. The authors actualized the direction, allowing to explore opportunities not only to increase the volume of melt in the Russian high-carbon ferromanganese and ferrosilicon manganese, including through the involvement in the domestic production of manganese ore, but also to develop import-substituting technology for the production of refined manganese ferroalloys – medium and low carbon ferromanganese and manganese metal from these ores.

Keywords: manganese, manganese resources, substandard ore, production of manganese alloys, manganese resource base.

REFERENCES

1. Leont'ev L.I., Zhuchkov V.I., Smirnov L.A., Dashevskii V.Ya. *Proizvodstvo ferrosplavov v mire i Rossii* [Ferroalloy production in the world and Russia]. *Stal'*. 2007, no. 3, pp. 43–47. (In Russ.).
2. Tigonov L.P., Smirnov L.A., Menadzhieva R.A. *Marganets: tekhnologiya, proizvodstvo, ispol'zovanie* [Manganese: technology, production and use]. Ekaterinburg: Izd-vo AMB. 2006. 184 p. (In Russ.).
3. Chernobrovina V.P., Mizin V.G., Sirina T.P., Dashevskii V.Ya. *Kompleksnaya pererabotka karbonatnogo margantshevoogo syr'ya: khimiya i tekhnologiya* [Complex processing of carbonate manganese ore: chemistry and technology]. Chelyabinsk: Izd. Tsentr YuUrGU. 2009. 294 p. (In Russ.).
4. *Tekhnologicheskii reglament dlya projekta «Stroitel'stvo Usinskogo GOKa drobil'no-obogatitel'noy fabrika». OAO «Uralmekhanobr»* [Production schedules for the project “Construction of Usinskoye Mining crushing and beneficiation plant”. JSC “Uralmekhanobr”]. Ekaterinburg. 2008. 64 p. (In Russ.).
5. Lyakishev N.P., Gasik M.I., Dashevskii V.Ya. *Metallurgiya ferrosplavov* [Metallurgy of ferroalloys]. Part. 1. Moscow: Ucheba. 2006. 117 p. (In Russ.).
6. Dashevskii V.Ya., Shchedrovitskii V.Ya., Dashevskii Ya.V., Kashin V.I. etc. *Shikhta dlya vyplavki metallicheskoogo margantsa* [Charge for smelting manganese metal]. Certificate of authorship of USSR no. 1254044, 1984. Byul. no. 32. (In Russ.).
7. Aleksandrov A.A., Dashevskii V.Ya., Yusfin Yu.S. etc. Increase of use of manganese in the production of metal manganese. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya – Ferrous Metallurgy*. 2013, no. 7, pp. 32–37. (In Russ.).
8. Dashevskii V.Ya., Aleksandrov A.A., Yusfin Yu.S., Leont'ev L.I., Podgorodetskii G.S., Gasik M.I. *Sposob legirovaniya chuguna margantssem* [A method for manganese alloying of iron]. Patent RF no. 2458994. 2012. Byul. No. 23. (In Russ.).

Received July 22, 2014