

В.Я. Дашевский, Ю.С. Юсфин, Г.С. Подгородецкий, Н.В. Баева

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

ПРОИЗВОДСТВО МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ ИЗ МАРГАНЦЕВЫХ РУД УСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ*

Аннотация. Усинское месторождение марганца одно из крупнейших в России по запасам (балансовые запасы – 98,5 млн т, прогнозные запасы – 150,4 млн т). Марганцевые руды Усинского месторождения характеризуются сравнительно низким содержанием марганца (18 – 22 %) и повышенным содержанием фосфора (0,2 – 0,3 % и более). Разработана технологическая схема обогащения усинских руд, которая предполагает использование рентгенофлуоресцентной (рентгенорадиометрической) сепарации для кусковой руды и отсадки для мелкой. На основании проведенного анализа процессов выплавки марганцевых ферросплавов и химического состава концентратов, получаемых при обогащении марганцевых руд Усинского месторождения, разработана оптимальная технологическая схема получения всей гаммы марганцевых ферросплавов.

Ключевые слова: обогащение марганцевых руд, выплавка марганцевых ферросплавов, высокоуглеродистый ферромарганец, ферросиликомарганец, средне- и низкоуглеродистый ферромарганец, металлический марганец.

PRODUCTION MANGANESE FERROALLOYS OF MANGANESE ORE USINSKOYE FIELD

Abstract. Usinskoye manganese field one of the largest in Russia in terms of (the carrying reserves - 98.5 million tonnes probable reserves – 150.4 million tons). Manganese ore deposits Usinskoye characterized by comparatively low manganese content (18 – 22 %) and a high content of phosphorus (0.2 – 0.3 % and more). Developed technological flowsheet Usinskaya ore, which involves the use of X-ray fluorescence (X-ray radiometric) separation for lumps and jigging for small. Based on the analysis of the processes of smelting manganese ferroalloys and chemical composition of the concentrates produced at enrichment of manganese ores of new Usinskoye field, developed the optimal flowsheet of obtaining the whole range of manganese ferroalloys.

Keywords: enrichment of manganese ore, manganese ferroalloy smelting, high-carbon ferromanganese, iron-silicon-manganese, medium- and low-carbon ferromanganese, metal manganese.

Минерально-сырьевая база марганца в России

Основной базой марганцеворудной промышленности в СССР являлись Никопольское (Украина), Читурское (Грузия) и Джездинское (Казахстан) месторождения. На этих месторождениях добывали более 20 млн т сырой руды при среднем содержании марганца в руде 22,4 %. Из этой руды при обогащении ее гравитационными методами получали более 10 млн т концентрата со средним содержанием марганца 33,91 %. Почти 70 % от этого количества составляли оксидные концентраты со средним содержанием марганца 39,41 %. Карбонатные концентраты, доля которых в общем производстве марганцевых концентратов составляла менее 30 %, содержали в среднем 24,34 % марганца. Для производства марганцевых ферросплавов использовали карбонатные концентраты только I и II сорта, содержание марганца в которых выше 29 %.

Из концентратов, производимых обогатительными комбинатами, ферросплавная промышленность СССР выплавляла около 2 млн т марганцевых ферроспла-

вов. Основную долю в общем производстве составляли 82 %-ный (Mn + Si) ферросиликомарганец (около 1,4 млн т) и высокоуглеродистый ферромарганец (около 0,4 млн т), значительную часть в общем объеме составляло производство среднеуглеродистого ферромарганца (более 100 тыс. т) и металлического марганца (около 10 тыс. т) [1].

После распада Советского Союза Россия оказалась без марганцеворудной базы. Потребность в марганцевых ферросплавах в Российской Федерации составляет порядка 600 – 650 тыс. т в год. Высокоуглеродистый ферромарганец в России в настоящее время выплавляют в доменных печах Косогорского металлургического и Саткинского чугуноплавильного заводов из импортных марганцевых руд [2]. Объем производства высокоуглеродистого ферромарганца возрос с 88 тыс. т в 2000 г. до 109,5 тыс. т в 2005 г. Ферросиликомарганец периодически производили на Челябинском электрометаллургическом комбинате (в основном из казахстанской марганцевой руды). Объем производства ферросиликомарганца составлял в 2000 г. 122 тыс. т, а в 2004 г. 143 тыс. т. В последующие годы производство высокоуглеродистого ферромарганца оставалось практически на том же уровне, а ферросиликомарганец не производили.

* Работа выполнена в рамках Программы № 27 фундаментальных исследований Президиума РАН.

Балансовые запасы марганцевых руд в России составляют около 290 млн т (0,2 % мировых), прогнозные ресурсы – более 1 млрд т [1]. На территории России марганцевые руды представлены преимущественно тремя типами: карбонатными, окисными и окисленными. Около 90 % запасов представлены труднообогатимыми карбонатными рудами со средним содержанием марганца 18 – 22 % и содержанием фосфора 0,2 – 0,3 % [3]. В табл. 1 приведены запасы марганцевых руд по районам России.

Добыча марганцевых руд на территории России не ведется [4]. Для обеспечения ресурсной независимости российской металлургии в обеспечении марганцевыми ферросплавными необходимо проводить работы по созданию собственной рудной базы.

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) по-прежнему закрывается за счет импорта, главным образом, из Украины примерно на 60 %, а в средне- и низкоуглеродистом ферромарганце и металлическом марганце – на 100 %, электролитический марганец импортируют из Китая.

Проблема ускорения создания отечественной марганцеворудной базы с позиции экономической безопасности 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 руду, марганецосодержащие ферросплавы, металлический марганец, диоксид марганца, перманганат калия. Необходимо не только увеличивать объем выплавки высокоуглеродистого ферромарганца и ферросиликомарганца, в том

числе и за счет вовлечения в производство отечественных марганцевых руд, но и организовать в России производство рафинированных марганцевых ферросплавов – металлического марганца, средне- и низкоуглеродистого ферромарганца.

По данным института Уралгипроруда прогнозные запасы марганцевых руд в России составляют по категории $A + B + C_1$ около 150 млн т при среднем содержании марганца в руде ~20 %. 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 % [4]. Месторождения расположены в Кемеровской области (Усинское), в Красноярском крае (Порожинское), на Урале (Североуральские), в Республике Коми (Порнокское), в Иркутской области (Новониколаевское) и др. Руды этих месторождений характеризуются низким содержанием марганца и повышенным содержанием фосфора. Месторождения в большинстве случаев маломощные и расположены в труднодоступных районах.

Из разведанных отечественных марганцевых месторождений Усинское месторождение может рассматриваться как наиболее перспективное. Усинское месторождение марганца, одно из крупнейших в России по запасам, открыто в 1939 г. Оно находится в юго-восточной части Кемеровской области в 70 км севернее Междуреченска в горно-таежной местности. Наиболее короткий путь (60 км) – от месторождения до железной дороги Новокузнецк – Абакан и далее на юг к станции Теба. Усинское месторождение сложено двумя генетическими типами руд: первичными (карбонатными) и вторичными (окисленными), химический состав которых приведен в табл. 2. Доля карбонатных руд составляет 94 %, окисленных – 6 %, смешанный тип руд слабо развит.

Таблица 1

Запасы марганцевых руд по районам России, млн т [1]

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
Башкортостан	–	–	–	90,0
Алтайский край	–	–	–	200,0
Архангельская область	–	–	–	130,0
Итого	146,3	136,9	283,2	1042,2

Химический состав марганцевых руд Усинского месторождения, % [5]

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	п.п.п.	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

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 значительная часть марганца теряется с отвальными продуктами – шламами, хвостами и шлаками. Сквозное извлечение от руды до товарных ферросплавов составляет 50 – 55 % [6].

Таким образом, перед металлургами стоят задачи – вовлечение в производство отечественных марганцевых руд, получение из них всего комплекса марганцевых ферросплавов и снижение потерь марганца на всех стадиях производства от сырой руды до марганцевых ферросплавов.

Обогащение марганцевых руд Усинского месторождения

Марганцевые руды Усинского месторождения характеризуются сравнительно низким содержанием марганца (18 – 22 %) и повышенным содержанием фосфора (0,2 – 0,3 % и более). По своему минералогическому составу они близки к марганцевым рудам Никопольского месторождения (Украина). По всей видимости, для переработки усинских руд возможно использование тех же схем, которые используют для никопольских руд, однако в этом случае из полученных концентратов невозможно выплавить стандартные по содержанию марганца и фосфора ферросплавы в силу причин, указанных выше.

ОАО «Уралмеханобр» разработан технологический регламент для проекта «Строительство Усинского ГОКа. Дробильно-обоганительная фабрика» [5]. Разработанная технологическая схема обогащения усинских руд 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 содержаний большинства элементов, содержащихся в руде или любом кусковом материале, по сравнению с традиционными «мокрыми» методами обогащения (гравитация, флотация).

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 (PPC) не превышает 0,3 мм, для эффективной работы PPC предусматривается обесшламливание материала и отмыв кусков горячей водой от снега и льда в период отрицательных температур;

- две стадии PPC 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 % (концентрата II сорта), по выходу составляя 10,84 и 31,50 % соответственно. Объем производства и качество концентрата высшего сорта определено на основе потребностей ферросплавного производства, исходя из предусмотренной технологии производства ферросплавов;

- 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 окисленных и карбонатных руд осуществляется по предложению недропользователя раздельно-современно на одних и тех же отсадочных машинах с интервалом перехода не менее суток, смены. 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.).

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 описанным выше схемам позволяет получить концентраты, состав которых приведен в табл. 3.

Исходя из химического состава концентратов, получаемых в результате обогащения марганцевых руд Усинского месторождения, были рассмотрены различные технологические схемы выплавки марганцевых ферросплавов. Ниже описаны выбранные авторами оптимальные варианты.

Получение марганцевых ферросплавов из руды Усинского месторождения

Высокоуглеродистый ферромарганец. Высокоуглеродистый ферромарганец выплавляют флюсовым или

бесфлюсовым способами [7]. Флюсовый способ используют в тех случаях, когда марганцевая руда или концентраты, которые используют для выплавки ферромарганца, характеризуются сравнительно низким содержанием марганца (< 40 – 42 %). В этом случае получают ферромарганец и отвальный шлак, с которым теряется до 15 % марганца, содержащегося в шихте. В металл переходит ~75 % марганца, ~10 % теряется с отходящими газами.

Если марганцевая руда или концентраты, которые используют для выплавки ферромарганца, характеризуются сравнительно высоким содержанием марганца (> 40 – 45 %), плавку ведут бесфлюсовым способом. Эта технологическая схема характеризуется существенно более высокими технико-экономическими показателями по сравнению с флюсовым способом. При плавке ферромарганца бесфлюсовым способом получают стандартный сплав и передельный низкофосфористый шлак. В этом случае 60 % марганца, содержащегося в шихте, переходит в металл, ~10 % теряется с отходящими газами, а 30 % марганца остается в шлаке, который в дальнейшем используют как низкофосфористый марганецсодержащий компонент в шихте при выплавке ферросиликомарганца, средне- и низкоуглеродистого ферромарганца и металлического марганца.

В процессе нагрева в руднотермической печи усинского карбонатного концентрата I сорта происходит удаление влаги и разложение карбонатов. Содержание марганца в обожженном продукте – более 49 %. Следовательно химический состав карбонатного концентрата I сорта позволяет выплавлять из него высокоуглеродистый ферромарганец бесфлюсовым способом. Хими-

Таблица 3

Химический состав концентратов, % [5]

Компоненты	Концентрат							
	карбонатный					оксидный		
	I сорт	II сорт	отсадка			крупный	отсадка	
			20 – 100 мм	10 – 20 мм	4 – 10 мм		0 – 4 мм	10 – 80 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
п.п.п.	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

ческий состав продуктов, получаемых в этом случае, приведен ниже, % :

высокоуглеродистый ферромарганец

Mn	Fe	C	Si	P	S
78,94	12,33	6,41	1,77	0,52	0,03

передельный шлак

MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
39,952	0,613	28,724	19,514	4,739	5,164	0,053	1,241

Расход материалов на 1 т высокоуглеродистого ферромарганца: карбонатный концентрат I сорта – 2865 кг; коксик – 362 кг; стальная стружка – 6,4 кг.

Высокоуглеродистый ферромарганец соответствует марке ФМн78. Передельный шлак, содержащий 30,95 % Mn и 0,02 % P, в дальнейшем будет использован как марганецсодержащее низкофосфористое сырье при выплавке ферросиликомарганца и рафинированных марганцевых ферросплавов.

Ферросиликомарганец. Рассмотрены четыре варианта выплавки ферросиликомарганца. В первом

варианте в качестве рудной части шихты выбран карбонатный концентрат II сорта, во втором – передельный шлак бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца, в третьем – коллективный оксидный концентрат, в четвертом – смесь коллективного оксидного концентрата и передельного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца (50/50). Химический состав получаемых продуктов приведен в табл. 4 и 5, расход материалов – в табл. 6.

По вариантам I, II и IV получен стандартный по составу ферросиликомарганец марки МнС17, по варианту III – ферросиликомарганец марки МнС12.

Среднеуглеродистый ферромарганец. Рассмотрены два варианта выплавки среднеуглеродистого ферромарганца. В качестве рудной части шихты в обоих вариантах выбран карбонатный концентрат I сорта; в качестве восстановителя в первом варианте выбран ферросиликомарганец варианта IV, во втором – ферросиликомарганец варианта II. Химический состав получаемых продуктов приведен в табл. 7 и 8, расход материалов – в табл. 9.

По варианту I получен среднеуглеродистый ферромарганец, содержание марганца в котором несколько ниже стандарта, по варианту II – стандартный по

Таблица 4

Химический состав ферросиликомарганца, %

Вариант	Mn	Si	Fe	C	P	S
I	68,57	17,35	11,14	2,45	0,46	0,03
II	77,45	18,08	1,81	2,55	0,08	0,03
III	59,83	15,21	22,42	2,13	0,40	0,03
IV	66,45	16,81	14,05	2,38	0,281	0,03

Таблица 5

Химический состав шлака, %

Вариант	MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
I	8,272	0,564	39,124	38,264	5,089	7,390	0,045	1,25
II	7,418	0,076	35,004	36,450	10,097	9,707	0,006	1,24
III	13,46	2,114	63,951	7,268	8,147	4,673	0,076	0,31
IV	9,72	0,83	45,87	25,19	9,32	7,75	0,034	1,30

Таблица 6

Расход материалов на 1 т ферросиликомарганца, кг

Вариант	Карбонатный концентрат II сорта	Передельный шлак бесфлюсовой плавки	Коллективный оксидный концентрат	Кварцит	Коксик
I	3400	–	–	308	545
II	–	2669	–	66	492
III	–	–	2087	492	535
IV	–	1255	1255	312	520

Таблица 7

Химический состав среднеуглеродистого ферромарганца, %

Вариант	Mn	Fe	Si	C	P	S
<i>I</i>	81,62	15,62	0,41	1,96	0,375	0,015
<i>II</i>	85,24	12,25	0,40	1,915	0,18	0,015

Таблица 8

Химический состав шлака, %

Вариант	MnO	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
<i>I</i>	16,24	0,19	33,09	46,34	1,37	2,05	0,24	0,48
<i>II</i>	16,25	0,19	33,12	46,36	1,38	2,05	0,16	0,49

Таблица 9

Расход материалов на 1 т среднеуглеродистого ферромарганца, кг

Вариант	Карбонатный концентрат I сорта	Ферросиликомарганец варианта IV	Ферросиликомарганец варианта II	Известь
<i>I</i>	1507	815	–	507
<i>II</i>	1496	–	816	504

составу среднеуглеродистый ферромарганец марки ФМн88.

Металлический марганец. Технология выплавки металлического марганца силикотермическим способом включает три стадии: *I* – выплавка передельного низкофосфористого высокомарганцевого шлака; *II* – выплавка передельного силикомарганца из передельного шлака; *III* – выплавка металлического марганца из передельного шлака. С целью повышения полезного использования марганца авторами был разработан способ выплавки металлического марганца [8], сущность которого заключается в том, что исключается первая стадия – выплавка передельного низкофосфористого высокомарганцевого шлака, а передельный силикомарганец и металлический марганец выплавляют из передельного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца.

Передельный силикомарганец. Передельный силикомарганец выплавляют из передельного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца. Химический состав получаемых продуктов приведены ниже, % :

передельный силикомарганец

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

отвальный 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 материалов на 1 т силикомарганца: передельный шлак – 2805 кг; кварцит – 575; коксик – 601 кг.

Получен стандартный по составу силикомарганец марки МнС25.

Металлический марганец. Металлический марганец выплавляют из передельного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца и передельного силикомарганца. Химический состав получаемых продуктов приведены ниже, % :

металлический марганец

Mn	Fe	C	Si	P	S
96,276	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: передельный шлак – 3694 кг; передельный силикомарганец – 728 кг; известь – 1587 кг.

Получен стандартный по составу металлический марганец марки Мн95.

Низкоуглеродистый ферромарганец. В качестве рудной части шихты выбран карбонатный концентрат I сорта, в качестве восстановителя – передельный силикомарганец. 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; передельный силикомарганец – 721 кг; известь – 762 кг.

Получен стандартный по составу низкоуглеродистый ферромарганец марки ФМн90.

Извлечение марганца из шлака процессов выплавки рафинированных марганцевых ферросплавов

При выплавке марганцевых ферросплавов большое количество марганца теряется с отвальными шлаками. Значительными потерями марганца (до 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 и весьма низкое содержание фосфора позволяют рассматривать его как перспективный марганецсодержащий материал.

Проведенный ранее термодинамический анализ процесса восстановления марганца из отвального шлака силикотермической плавки металлического марганца при взаимодействии шлака с расплавами чугуна [9] 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 и металлического марганца для легирования чугуна марганцем путем обработки жидкого металла шлаком. При этом снижается (или полностью исключается) расход марганецсодержащего сырья в шихте при выплавке чугуна. Предложенный способ легирования чугуна марганцем защищен патентом [10].

Технологическая схема выплавки марганцевых ферросплавов из марганцевых руд Усинского месторождения

На основании приведенных выше расчетов можно сделать следующее заключение: из марганцевых концентратов, получаемых из руд Усинского месторождения с использованием современных методов обога-

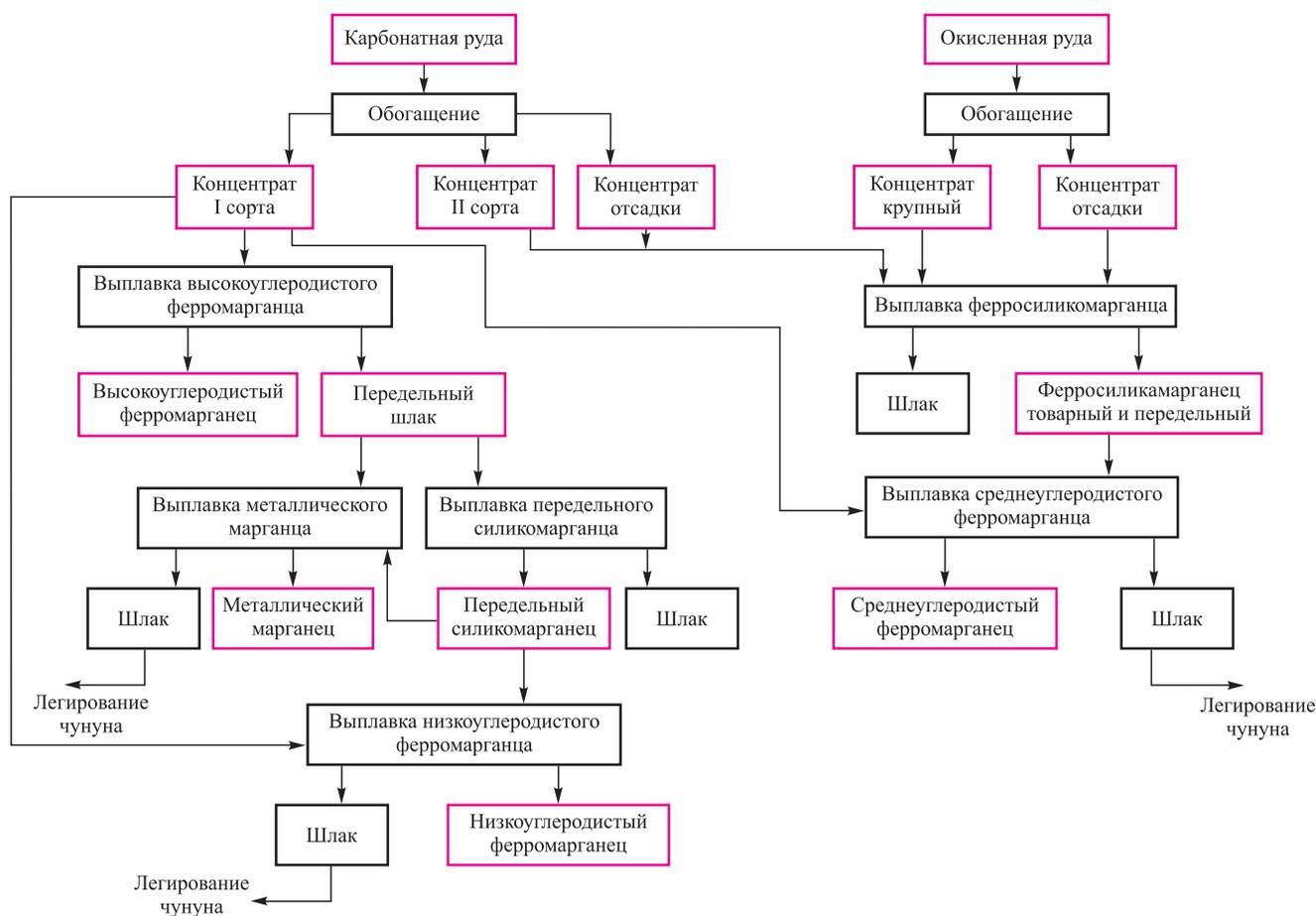
щения, возможно выплавлять всю гамму стандартных марганцевых ферросплавов. В качестве оптимальной предлагается следующая технологическая схема выплавки марганцевых ферросплавов из марганцевых руд Усинского месторождения (см. рисунок):

- Марганцевые руды (карбонатные и окисленные) обогащают описанными выше методами.
- Высокоуглеродистый ферромарганец выплавляют из карбонатного концентрата I сорта бесфлюсовым методом, получая стандартный металл и низкофосфористый марганцевый передельный шлак.
- Ферросиликомарганец выплавляют из карбонатных концентратов II сорта и коллективного оксидного концентрата. При необходимости получения в металле низкого содержания фосфора в шихту добавляют передельный шлак бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца.
- Среднеуглеродистый ферромарганец выплавляют из карбонатного концентрата I сорта и ферросиликомарганца.
- Передельный силикомарганец выплавляют из передельного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца.
- Низкоуглеродистый ферромарганец выплавляют из карбонатного концентрата I сорта и передельного силикомарганца.
- Металлический марганец выплавляют из передельного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца и передельного силикомарганца.
- Шлак процессов выплавки средне- и низкоуглеродистого ферромарганца и металлического марганца используют для легирования чугуна марганцем.

В данной технологической схеме марганец теряется только с отвальным шлаком процессов выплавки ферросиликомарганца и передельного силикомарганца. Для снижения потерь марганца с этими шлаками их подвергают пневмосепарации с целью извлечения королек металла и прометалленных кусков шлака, которые возвращают в шихту. Шлаки всех остальных процессов являются передельными.

Выводы. На основании проведенного анализа процессов выплавки марганцевых ферросплавов и химического состава концентратов, получаемых при обогащении марганцевых руд Усинского месторождения, 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.

Высокоуглеродистый ферромарганец выплавляют из карбонатного концентрата I сорта бесфлюсовым методом, получая стандартный металл и низкофосфористый марганцевый передельный шлак. Ферросиликомарганец выплавляют из карбонатных концентратов



Технологическая схема выплавки марганцевых ферросплавов из руд Усинского месторождения

II сорта и отсадки и коллективного оксидного концентрата. При необходимости получения в металле низкого содержания фосфора в шихту добавляют передельный шлак бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца. Среднеуглеродистый ферромарганец выплавляют из карбонатного концентрата I сорта и ферросиликомарганца. Низкоуглеродистый ферромарганец выплавляют из карбонатного концентрата I сорта и передельного силикомарганца. Передельный силикомарганец выплавляют из передельного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца.Metallic manganese выплавляют из передельного шлака бесфлюсовой плавки высокоуглеродистого ферромарганца и передельного силикомарганца. Шлак процессов выплавки средне- и низкоуглеродистого ферромарганца и металлического марганца используют для легирования чугуна марганцем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тигунов Л.П., Смирнов Л.А., Менаджиева Р.А. Марганец: технология, производство, использование. – Екатеринбург: АМБ, 2006. – 184 с.

2. Леонтьев Л.И., Жучков В.И., Смирнов Л.А., Дашевский В.Я. // Сталь. 2007. № 3. С. 43 – 47.
 3. Марганец / К.Н. Трубецкой, В.А. Чантурия, А.Е. Воробьев и др. – М.: Академия горных наук, 1999. – 271 с.
 4. Комплексная переработка карбонатного марганцевого сырья: химия и технология. / В.П. Чернобровин, В.Г. Мизин, Т.П. Сирина, В.Я. Дашевский. – Челябинск: Центр ЮУрГУ, 2009. – 294 с.
 5. Технологический регламент для проекта «Строительство Усинского ГОКа. Дробильно-обогащительная фабрика». – Екатеринбург: ОАО «Уралмеханобр», 2008. – 64 с.
 6. Лякишев Н.П., Гасик М.И., Дашевский В.Я. Металлургия ферросплавов. Ч. 1. – М.: Ученба, 2006. – 117 с.
 7. Гасик М.И. Марганец. – М.: Металлургия, 1992. – 608 с.
 8. А. с. 1254044 СССР. Шихта для выплавки металлического марганца / В.Я. Дашевский, В.Я. Щедровицкий, Я.В. Дашевский и др. Бюл. № 32. 1984.
 9. Дашевский В.Я., Юсфин Ю.С. Александров А.А. и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. 2013 № 7. С.32 – 37.
 10. Пат. 2458994 РФ. Способ легирования чугуна марганцем / В.Я. Дашевский, А.А. Александров, Ю.С. Юсфин и др. Бюл. № 23. 2012.

© 2013 г. В.Я. Дашевский, Ю.С. Юсфин, Г.С. Подгородецкий, Н.В. Баева
 Поступила 3 июня 2013 г.