

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

УДК 669.12.094.1

Бигеев В.А., Харченко А.С., Потапова М.В., Закуцкая Л.А., Посохин М.А., Кургузов К.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ДОЛИ БЕДНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД В ИСХОДНОЙ ШИХТЕ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА

Аннотация. РФ имеет многочисленные месторождения марганцевых руд, отличающихся низким содержанием марганца (10-30%) и плохой обогащаемостью. Поэтому отечественная ферросплавная промышленность вынуждена работать на импортном сырье. Для удовлетворения потребностей отечественной металлургии в марганцевых ферросплавах в данной работе рассмотрена возможность получения силикомарганца из смеси бедного отечественного и богатого привозного сырья. В качестве примера выбрано два месторождения марганцевой руды: на Южном Урале – Ниязгулово-1 и габонский концентрат – Республика Габон, Центральная Африка. Было выполнено два варианта расчета углетермического восстановления и получения силикомарганцевых сплавов. В первом варианте расчета в качестве моносырья принималась ниязгуловская руда, а кварцит и железосодержащий материал, в отличие от традиционных промышленных технологий, не использовали. В результате получили расчётный сплав, несоответствующий стандартным маркам ферросиликомарганца. Но, не смотря на это, представляется возможным рассмотреть его использование в качестве раскислителя углеродистых спокойных марок стали. Во втором варианте расчета в качестве рудной части шихты для выплавки ферросиликомарганца была принята смесь габонского концентрата (основного источника марганца) и ниязгуловской руды (основного источника кремния и железа, дополнительного – марганца). Рациональная доля ниязгуловской руды в исходной шихте составляет 55 %, габонского концентрата – 45 % соответственно. При таком соотношении компонентов возможно получение марочного ферросиликомарганца марки FeMnSi22.

Ключевые слова: марганец, силикомарганец, месторождения, руда, ферросплав

Введение

Ресурсы марганцевых руд выявлены в 56 странах мира и составляют 21,27 млрд т, в том числе в Африке – 14,33 млрд т (67,4% мировых) и Европе – 3,44 млрд т (16,2%). Подтвержденные запасы марганцевых руд составляют 5,4 млрд т. До 90% общемировых подтвержденных запасов марганца заключено в стратиформных месторождениях, около 8% – в корях выветривания и 2% – в месторождениях гидротермального типа. Главными держателями запасов марганца являются 11 стран, владеющих примерно 95% мировых подтвержденных запасов (5,1 млрд т). Это ЮАР, Габон, Украина, Болгария, Грузия, Россия, Австралия, Казахстан, Бразилия, Китай, Индия. К уникальным относится месторождения с запасами марганцевых руд более 1 млрд т, к крупным – с запасами в сотни миллионов тонн и мелким – с запасами в десятки миллионов тонн [1].

В России марганцевые руды в основном находятся в мелких месторождениях, поэтому являются остродефицитным стратегическим видом минерального сырья, что вызывает интерес поиска его новых источников. В то же время на Южном Урале разведано несколько месторождений и рудопроявлений марганецсодержащего сырья [2].

В табл. 1 по результатам геологоразведочных работ (Павлов В.В. и Черенцов Ю.Л.) представлены сведения о некоторых месторождениях марганцевых руд Баймакского, Абзелиловского и Учалинского районов Республики Башкортостан [3].

© Бигеев В.А., Харченко А.С., Потапова М.В., Закуцкая Л.А., Посохин М.А., Кургузов К.В., 2022

Таблица 1

Характеристика марганцевых руд месторождений Баймакского, Абзелиловского и Учалинского районов Республики Башкортостан

Наименование месторождений	Содержание, %			
	Mn	Fe	SiO ₂	CaO
Баймакский район				
Асылловское	20	5,46	9,18	2,04
Сев.Файзуллинское	25	3,1	43,58	нет св.
Юж.Файзуллинское	14,21-55,82	1,75	29,65	нет св.
Янзигитовское	15-40	11-52	30-70	нет св.
Юмагужинское	13-22	нет св.	нет св.	нет св.
Исяновское	14,4	16,4	36,8	нет св.
Губайдуллинское	22,9	2,09	54,09	нет св.
Ишбердинское	>20	нет св.	нет св.	нет св.
Мамилинское	12,5-29,5	2,1-4,5	38-62	нет св.
Абзелиловский район				
Кызыл-Таш	37,3	3,6	24,6	нет св.
Ялимбетавское	24-25	5	35	0,73
Аумышевское	25,53	4,68	33,65	нет св.
Аюсазовское	16-39	3,2-9,8	19,50	нет св.
Кусимовское	36	3,2	30	нет св.
Казган-Таш	27,84	нет св.	28,05	нет св.
Ниязгулово-2	10-25	2,6	16-60	нет св.
Биккуловское	13,4	10	36,3	нет св.
Ниязгулово-1	19	15	45	нет св.
Габдиновское	18,6	2,61	64,5	нет св.
Рахметовское	8,1-28,8	нет св.	нет св.	нет св.
Учалинский район				
Уразовское	38	2,5	33,24	нет св.
Тетраук	38-43	4,87	11,4	нет св.
Никольское	26,6	3,5	26,9	нет св.
Сар-Бай	24-41	3,6-6,0	18-33	нет св.
Бай-Султан	21-24	8,3	43,4	нет св.
Кожасевское	24,9	9,99	42,33	7,02
Северо-Кураминское	12,53	15,74	54,4	12

Наибольший интерес представляют месторождения, расположенные вблизи крупных металлургических предприятий, заинтересованных в запуске и развитии собственного производства марганецсодержащих ферросплавов. Примером такого предприятия может служить АО «Уральская Сталь», где в ближайшее время планируется организация производства ферромарганца и ферросиликомарганца.

Одним из перспективных источников марганцевого сырья является Ниязгуловское месторождение (Абзелюловский район Башкортостана, около 40 км от г. Магнитогорска), на котором с 2017 года была возобновлена добыча марганцевой руды. Запасы марганцевой руды этого, одного из самых больших месторождений южно-уральской группы составляют около 2 млн т. В настоящее время проведены вскрышные работы объемом более 200 тыс. м³ и получен доступ к основному рудному телу, запасы которого оцениваются в 1,5 млн т. Прямо в карьере добытая руда подвергается дроблению и грохочению (выделяются фракции 10–60 и 0–10 мм) с помощью двух мобильных автономных дробильно-сортировальных комплексов общей потенциальной производительностью 30 тыс. т в месяц. Основным минералом этой руды является кварцит марганца, поэтому при содержании от 14 до 22% Mn (иногда достигает 30%), концентрация кремнезема SiO₂ составляет от 35 до 51%, железа – 10–15%. Содержание фосфора не превышает 0,030%.

Эта руда используется для промывки горнов доменных печей ПАО «ММК» [4–6]. Следует отметить, что при промывке доменных печей положительное значение имеет относительно высокое содержание в этой руде кремнезема и железа. Также были проведены испытания в качестве шлакообразующего материала в конвертерном производстве ОАО «ЕВРАЗ-НТМК».

Методы и результаты

В работе ставилась задача определить перспективность использования Ниязгуловской руды в качестве составляющей шихты при выплавке ферросиликомарганца. Было принято, что в качестве другого источника марганца в исходном сырье будет применяться богатый габонский концентрат.

По методике [7] были выполнены расчеты углетермического восстановления и получения железо-марганецкремниевых сплавов при использовании моносырья, состоящего только из Ниязгуловской руды и при соотношении габонского концентрата и ниязгуловской руды 1:1. В табл. 2 приведены составы исходных материалов.

Распределение элементов в процессе плавки между сплавом и шлаком представлено в табл. 3 [8].

Химические составы марочного ферросиликомарганца, а также расчетные химические составы сплавов из моносырья и двух компонентов приведены в табл. 4.

Таблица 2

Химический состав шихтовых материалов

Материалы	Mn	MnO ₂	Fe	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅
Ниязгуловская руда	19,20	24,80	9,58	13,70	2,90	0,38	0,12	48,8	8,73	0,32
Габонский концентрат	42,99	68,00	4,08	5,83	1,80	0,71	-	6,43	9,60	0,08
Рудная смесь 50/50	31,09	49,18	6,83	9,76	2,32	0,55	0,06	27,61	9,16	0,20
Зола коксика	0,62	0,85	16,1	23	5,5	0	0	41,5	26,4	0,07

Таблица 3

Распределение элементов между продуктами плавки

Элемент	Распределение, %		
	в металл	в шлак	в газовую фазу
Mn	80	12	8
P	70	4	26
Si	53	40	7
Fe	95	5	0
S	2	56	42

Таблица 4

Химический состав некоторых марок ферросиликомарганца и расчетных сплавов, %

Элемент	Состав по ГОСТ 4755-91(ИСО 5446-80)		Расчетный сплав	
	FeMnSi30LP	FeMnSi22LP	из ниязгуловской руды	из рудной смеси(1:1)
Mn	57–67	60–75	41,50	63,1
Si	28–35	20–25	31,33	17,8
Fe	Остальное	Остальное	Остальное	17,3
P	Не более 0,10	Не более 0,10	0,26	0,16
C	Не более 0,10	Не более 1,60	0,71	1,58
S	Не более 0,030	Не более 0,030	0,003	0,003

В первом варианте расчета в качестве моносырья принималась ниязгуловская руда без использования кварцита и железосодержащего материала в отличие от традиционных промышленных технологий. Как видно из табл. 4, полученный расчетный сплав из-за относительно низкого содержания марганца не соответствует стандартным маркам силикомарганца. Но, несмотря на это, представляется возможным рассмотреть его использование в качестве раскислителя углеродистых спокойных марок стали [9-11].

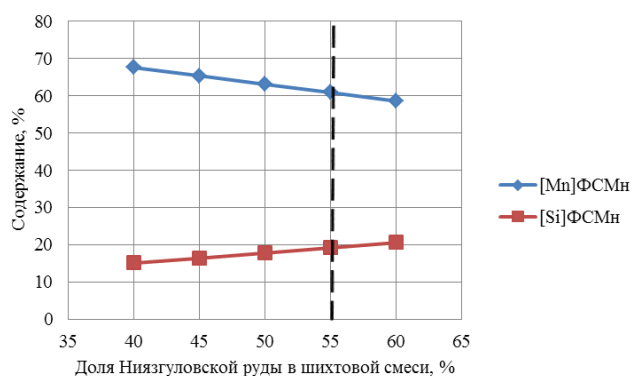
Расчетный сплав с применением габонского концентрата по химическому составу практически соответствует стандартному силикомарганцу марки FeMnSi22LP.

В табл. 5 и на рисунке представлено изменение содержания элементов в ферросиликомарганце в зависимости от доли ниязгуловской руды в исходной шихте.

Таблица 5

Состав силикомарганца при различной шихтовке

Доля ниязгуловской руды в шихте, %	Mn	Si	Fe	S	P
40	67,6	15,1	15,9	0,003	0,14
45	65,4	16,4	16,6	0,003	0,15
50	63,1	17,8	17,3	0,003	0,16
55	60,9	19,2	18,1	0,003	0,17
60	58,6	20,6	18,8	0,003	0,18



Изменение содержания марганца и кремния в ферросплаве в зависимости от доли ниязгуловской руды в исходной шихте

Рациональная доля ниязгуловской руды составляет 55%, габонского концентрата – 45% соответственно. При таком соотношении компонентов возможно получение марочного ферросиликомарганца марки FeMnSi22.

Заключение

Использование многочисленных, но малых по запасам и бедных по содержанию марганца месторождений марганцевых руд Южного Урала возможно в качестве сырья для получения ферросиликомарганца с последующим применением в сталеплавильном

производстве. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что использование бедной марганцевой руды в смеси с более богатыми концентратами позволяет получить ферросплавы, соответствующие требованиям ГОСТ, что позволит удешевить получаемую продукцию значительно, а также достигнуть частичного импортозамещения.

Статья подготовлена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МД-1064.2022.4.

Список источников

1. Технология марганцевых ферросплавов Ч.1. Высокоуглеродистый ферромарганец / В.И. Жучков, Л.А. Смирнов, В.П. Зайко, Ю.И. Воронов. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 415 с.
2. Минеральное сырье. Марганец: справочник / Н.И. Потконен, А.С. Столяров, А.А. Шарков и др. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. 51 с.
3. Полезные ископаемые республики Башкортостан (марганцевые руды) / Д.Н. Салихов, С.Г. Ковалев, А.И. Брусницын, Г.И. Беликова, П.Г. Бердников, Е.А. Сергеева, Т.А. Семкова. Уфа: Изд-во «Экология», 2002. 242 с.
4. Промывка горна доменной печи кремнеземо-марганцевистой рудой Ниязгуловского месторождения / В. А. Бигев [и др.] // Теория и технология металлургического производства. 2018. № 3(26). С. 12–16.
5. Харченко А.С. Закономерности поступления компонентов шихты по крупности из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи в зависимости от условий загрузки // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова. 2018. Т. 16. № 3. С. 46-56.
6. Перспективы использования марганцевых руд Южного Урала / В.А. Бигев [и др.] // Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундаментальных исследований и НИОКР: «Ферросплавы» «НИОКР-2018»: труды научно-практической конференции с международным участием и элементами школы молодых ученых, 29 октября – 2 ноября 2018. Екатеринбург, 2018. С. 196–199.
7. Состояние и перспективы переработки природно-легированного железорудного сырья Южного Урала / В.А. Бигеев, М.В. Потапова, И.А. Гришин, А.Н. Смирнов // Физико-химические основы металлургических процессов: сб. тр. Междунар. науч. конф., посвященной 115-летию со дня рождения академика А.М. Самарина. М.: Изд-во ООО «Интерконтакт Наука», 2017. С. 48.
8. Мысик В.Ф., Жданов А.В., Павлов В.А. Металлургия ферросплавов: технологические расчеты: учебное пособие. Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2018. 534 с.

9. Новый способ получения марганцевых сплавов / Н.В.Панишев, В.А. Бигеев, М.В. Потапова, Л.А. Закуцкая // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 10 (1426). С. 45-50.
10. Изучение возможности вовлечения в металлургическое производство марганецсодержащего сырья Южного Урала / Н.В. Панишев, А.С. Харченко, В.А. Бигеев, М.В. Потапова, Л.А. Закуцкая // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2019. № 7 (230). С. 31-37.
11. Исследование процесса получения марганцевых сплавов из руд Жайремского месторождения / Л.А. Закуцкая, Н.В. Панишев, М.В. Потапова, У.Д. Лунев, А.А. Фахрисламов // Технологии металлургии, машиностроения и материалообработки. 2021. № 20. С. 29-33.

Сведения об авторах

Бигеев Вахит Абдрашитович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: v.bigeev11@ya.ru

Харченко Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: as.mgtu@mail.ru

Потапова Марина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: marina_potapova8@mail.ru

Закуцкая Любовь Анатольевна – аспирант кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: zakutskayalyuba@gmail.com

Посохин Михаил Андреевич – студент кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: mcm@magtu.ru

Кургузов Константин Вячеславович – студент кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: mcm@magtu.ru

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

DETERMINATION OF THE RATIONAL SHARE OF POOR MANGANESE ORES IN THE CHARGE FOR FERROSILICOMANGANESE MANUFACTURING

Bigeev Vakhit A. – Dr. Sci. (Eng.), Professor of Metallurgy and Chemical Technologies Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: v.bigeev11@yandex.ru

Kharchenko Alexander S. – Dr. Sci. (Eng.), Head of Metallurgy and Chemical Technologies Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: as.mgtu@mail.ru

Potapova Marina V. – Ph.D. (Eng), Associate Professor of Metallurgy and Chemical Technologies Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: marina_potapova8@mail.ru

Zakutskaya Lyubov A. – postgraduate student of Metallurgy and Chemical Technology Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: zakutskayalyuba@gmail.com

Posokhin Mikhail A. – bachelor degree student of Metallurgy and Chemical Technology Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: mcm@magtu.ru

Kurguzov Konstantin V. – bachelor degree student of Metallurgy and Chemical Technology Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: mcm@magtu.ru

Abstract. The Russian Federation has numerous deposits of manganese ores, which are characterized by low manganese content (10-30%) and poor enrichment. Therefore, the domestic ferroalloy industry has to work on imported raw materials. The possibility of obtaining silicomanganese from a mixture of poor domestic and rich imported raw materials is considered in this work to meet the needs of domestic metallurgy in manganese ferroalloys. Two deposits of manganese ore in the Urals - Niyazgulovo-1 and Gabon concentrate were selected as an example. Two calculations of carbon reduction and production of ferromanganese-silicon alloys were performed. In the first version of the calculation, Niyazgulovskaya ore was taken as a mono-raw material, and quartzite and iron-bearing material, unlike traditional industrial technologies, were not used. As a result, a calculated alloy does not correspond to the standard grades of ferrosilicomanganese. But, despite this, it seems possible to use it as a deoxidizer for killed carbon steel grades. In the second version of the calculation, a mixture of Gabon concentrate (the main source of manganese) and Niyazgulovskaya ore (the main source of silicon and iron, additional - manganese) was taken. The rational share of Niyazgulovskaya ore in the initial charge is 55% and Gabon concentrate is 45%. It is possible to produce FeMnSi22 grade ferrosilicomanganese with this ratio of components.

Key words: manganese, ferrosilicomanganese, deposits, ore, ferroalloy.

Ссылка на статью:

Определение рациональной доли бедных марганцевых руд в исходной шихте при получении ферросиликомарганца / Бигеев В.А., Харченко А.С., Потапова М.В., Закуцкая Л.А., Посохин М.А., Кургузов К.В. // Теория и технология металлургического производства. 2022. №4(43). С. 4-8.

Bigeev V.A., Kharchenko A.S., Potapova M.V., Zakutskaya L.A., Posokhin M.A., Kurguzov K.V. Determination of the rational share of poor manganese ores in the charge for ferrosilicomanganese manufacturing. *Teoria i tehnologiya metallurgicheskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2022, vol. 43, no. 4, pp. 4-8.