

В. И. Жучков, Д. В. Сиротин

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАРГАНЦЕВЫХ РУД В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УРАЛА

В статье обосновано, что расширение сортамента и повышение служебных свойств сталей является одной из важнейших задач металлургии, решение которой может осуществляться с использованием легирующих добавок, в первую очередь — марганца. Рассмотрены наиболее значимые мировые производители марганцево-рудного сырья, проведен анализ выбора сырья и поставщиков для отечественной ферросплавной промышленности. Представлены результаты расчетов подготовки и доставки марганцевой руды для металлургической промышленности Урала. Проведен сравнительный анализ вариантов использования сырья для производства конечного продукта — ферромарганца. Помимо технологической оценки проекта дано экономическое обоснование его реализации. Обоснована целесообразность развития российских горно-металлургических комплексов при одновременном сотрудничестве со странами — импортерами высококачественного марганцевого сырья.

Ключевые слова: сравнительная себестоимость, эффективность, металлургия, запасы и месторождения марганцевых руд, ферромарганец

Марганец является наиболее широко применяемым в металлургии элементом, среднетрасловое потребление которого составляет 10 кг на 1 т стали. Основной объем (около 95 %) марганца производится в мире в виде ферросплавов (силикомарганца, углеродистого, среднеуглеродистого и низкоуглеродистого ферромарганца, металлического марганца, комплексных марганцевых сплавов), которые используются при выплавке различных типов сталей в качестве раскислителя и легирующей добавки. При легировании марганец оказывает измельчающее действие на структуру стали, повышает ее прочность и износостойкость, увеличивает глубину прокаливания, улучшает ковкость и прокатываемость стали (см. Essential manganese в «|Mn| Annual review», 2011 и [1, 4]).

Минерально-сырьевая база марганцевых руд России достаточна для обеспечения потребностей металлургического комплекса страны, но сами руды являются очень бедными по содержанию марганца (~20 %) и сильно загрязненными фосфором (до 0,6 %). Запасы российской руды оцениваются примерно в 200 млн т [2]. Российские месторождения марганца можно разделить на три промышленных типа — осадочный, осадочно-вулканогенный и гипергенный. На Среднем Урале располагаются преимущественно мелкие осадочные месторождения. В Западной и Восточной Сибири — гипергенные. Около 50 % российских запасов марганцевых руд (98,5 млн т) расположено в Кемеровской области, где начинается осваиваться Усинское месторождение карбонатных марганцевых руд.

Производство товарной марганцевой руды в России составляет около 20 тыс. т в год (или 0,1 % от мирового уровня), а необходимость черной металлургии в такой руде оценивается в 1,5 млн т. Потребность страны в марганцевых ферросплавах почти полностью покрывается импортом, преимущественно из Украины и Казахстана. В качестве импортеров следует рассматривать и Южно-Африканскую Республику, Габон, Австралию, чьи руды отличаются значительно большей концентрацией марганца (45–50 % Mn).

В таблице 1 приведены данные по добыче и разведанным запасам марганца в мире.

Анализ месторождений зарубежных стран показывает, что преобладающая часть ресурсов и запасов марганцевых руд сосредоточена в Африке (в основном в ЮАР) и на других континентах (Америка, Азия, Австралия, Европа). Доли Украины и ЮАР по запасам марганца в пересчете на марганец близки. За ними следуют Бразилия, Австралия и Индия.

Сумма балансовых и забалансовых запасов ($A + B + C1 + C2$) и прогнозных ресурсов ($P1 + P2 + P3$) марганцевых руд в 56 странах мира на 2004 г. оценивалось в размере 23,8 млрд т. Общие запасы ($A + B + C1 + C2$) марганцевых руд в мире на 2004 г. оценивались в 15,175 млрд т., а подтвержденные запасы ($A + B + C1$) — в 5,268 млрд т (35 % от суммы балансовых запасов) [5]. Самые высокосортные руды (концентрации марганца 40–50 %) — в ЮАР, Габоне, Австралии и Бразилии, однако в мировом балансе богатые руды составляют не более одной трети. Эти руды имеют очень высокое качество и используются без обогащения.

Таблица 1
Мировая добыча и разведанные запасы марганца,
тыс. т*

Страна	Производство		Разведанные запасы
	2010	2011	
Австралия	3100	2400	93000
Бразилия	780	1000	110000
Китай	2600	2800	44000
Габон	1420	1500	21000
Индия	1000	1100	56000
Мексика	175	170	4000
ЮАР	2900	3400	150000
Украина	540	340	140000
Остальные страны	1340	1400	не знач.
Всего в мире	13900	14000	630000

* По запасам в пересчете на марганец

** По материалам U.S. Geological Survey, 2012, Mineral commodity summaries 2012: U.S. Geological Survey, 198 p.

Небольшое количество очень богатых по марганцу руд месторождений ЮАР, Бразилии и Габона используется в химической и электротехнической промышленности. Так, около 5% руд Габона представляют собой природный диоксид марганца. В распоряжении остальных стран находится сырье среднего и низкого качества (содержание марганца — 20–30%).

Ведущими поставщиками сырья на мировые рынки являются Австралия, ЮАР, Габон, Бразилия, Намибия, Гана, Индонезия, Индия и Вьетнам, причем ~75% поставок пришлось всего на четыре страны — Австралию, Бразилию, Габон и ЮАР. Африканские страны (кроме ЮАР) и Австралия почти не имеют собственного ферросплавного производства, поэтому 90% руды продают на мировых рынках.

Основные потребители марганцевого сырья — это страны, располагающие развитой ферросплавной промышленностью: Китай, ЮАР, Украина, Россия, Казахстан, Япония, Бразилия, Индия и Норвегия. Крупнейшим импортером руды в последние годы стал Китай, собственных ресурсов которого недостаточно для удовлетворения резко растущего ферросплавного производства. Страна ведет добычу своей руды, однако из-за ее низкосортности производители сплавов вынуждены использовать смесь отечественных руд с высококачественным привозным сырьем из Австралии и Африки.

В ЮАР около 95% запасов руд сосредоточено в уникальной марганцево-железородной зоне Курумман. Наиболее крупные месторождения Маматван (среднее содержание марганца

38%), Весселс (47%) Миддельплаатс (36%). Около четверти добываемой в стране руды перерабатывается на местных ферросплавных заводах, остальное вывозится в виде руды.

В Южно-Африканской Республике производится основное количество руд металлургического сорта с содержанием 40–52% Mn и незначительными концентрациями фосфора и кремнезема. В стране функционируют 3 основные горнодобывающие компании: Samancor LTD, Middelplaats Manganese LTD и Assuming.

Для развития черной металлургии РФ в рыночных условиях первостепенное значение имеет рациональное и полное использование резервов сырьевой базы и промышленных предприятий, включая улучшение качественных, количественных и экономических показателей производства металлургической продукции [3]. Эффективность металлургического производства в значительной степени зависит от комплексности переработки минерального сырья. Но так как создание наиболее перспективных, крупномасштабных горно-металлургических комплексов страны требует серьезных инвестиций, необходимо искать альтернативные пути получения сырья для марганцевых ферросплавов.

В процессе работы были проведены расчеты себестоимости отечественного марганцевого агломерата и цены импортируемой руды, в качестве конечного продукта рассматривался ферромарганец. При расчетах все ценовые показатели, полученные по данным предприятий, были отнесены к единому периоду времени (2010 г.). Результаты расчетов даны в таблице 2.

В качестве российского сырья рассматривалась марганцевая руда Марсятского месторождения (Полуночная группа), с которой проводили процедуры обогащения, дефосфорации и окускования (методом агломерации) на Марсятской обогатительной фабрике. В результате товарная продукция представляла собой марганцевый агломерат с массовой долей марганца 40%. Себестоимость такого агломерата составила 9600 руб.

При выборе зарубежного сырья принимались во внимание, в первую очередь, качество руды и удаленность страны-продавца от Урала.

Руды стран ближнего зарубежья по качеству мало отличаются от российских, а более богатые и чистые руды можно найти только на других континентах. Поставщиком — импортером руды была выбрана Южно-Африканская Республика, а именно Курумманское месторождение — Весселс.

Калькуляция себестоимости ферромарганца

Наименование статей затрат	Уральский агломерат (40%Mn)			Африканский концентрат (50%Mn)		
	По плану на единицу продукции			По плану на единицу продукции		
	масса, т	цена	сумма	масса, т	цена	сумма
1	2	3	4	5	6	7
I. Заданное:						
1. Сырье, основные материалы и полуфабрикаты						
Марганцевый агломерат (40%), кг/т. / Концентрат марганцевый (50% Mn), кг/т	2,5	9 600	24 000	2,1	11 000	23 100
Итого	2,5		24 000	2,1		23 100
2. Углеродистые восстановители						
Коксовый орешек	0,45	9 700	4 365	0,5	9 700	4 850
Уголь			—			—
Итого	0,45		4 365	0,5		4 850
3. Флюсы						
Известняк, т (кг)	1,0	800	800	0,8	800	640
Итого	1,0		800	0,8		640
II. Электроэнергия и топливо технологические						
Электроэнергия, тыс. кВт.	4900	1 700	8 330,00	3 920	1 700	6 664,00
Электроэнергия на разогрев, тыс. кВт	—	1 700	—	—	1 700	—
Услуги по передаче электроэнергии	4900	12,50	61,25	3 920	12,50	49,00
Итого			8 391,25			6 713,00
III. Электроды, кирпич						
Масса электродная, т	0,036	13 030	470,00	0,03	13 030	390,9
Арматура электродная	0,0024	24 208	58,00	0,002	24 208	48,4
Итого			528,00			439,30
IV. Сменное оборудование						
			45,00			
V. Общецеховые расходы, всего						
			2 600,00			
VI. Себестоимость выплавленного сплава						
	1,000		40 729,25	1,000		38 387,30
VII. Незавершенное производство						
на начало (+)						
на конец (-)						
VIII. Производственная себестоимость						
	1,000		40 729,25	1,000		38 387,30
в т. ч. товарная						
			40 729,25			
в т. ч. передельная						
			40 729,25			
Общие и адм. расходы						
			920,00			
Упаковка						
			28,00			
Внепроизводственные расходы						
			500,00			
IX. Полная себестоимость, отгруженной продукции						
	1,000		42 177,25	1,000		39 835,30
Итого:						
						-2 341,95

Оксидная руда из ЮАР (~45 % Mn) легко обогащается путем дробления с последующей промывкой и отсадкой, что незначительно влияет на себестоимость нужного нам концентрата. Поэтому в расчетах использовался концентрат с 50 % Mn. Был рассчитан оптимальный способ и маршрут доставки (по морю из порта Элизабет (ЮАР) в г. Новороссийск, далее по железной дороге до Серова). Цена такой руды на месте назначения составила 11 000 руб. (по ценам 2009 г.).

На одну тонну ферромарганца требуется 2,1 т африканской руды или 2,5 т отечественного агломерата.

Цена привозной руды дороже местного агломерата на 14,6 %, но поскольку 40-процентного агломерата на 1 тонну сплава приходится больше, чем 50-процентной руды, удельные затраты на привозное сырье оказались на 3,75 % (отн.) меньше. Разница в себестоимости продукции незначительна и может колебаться в ту и другую сторону в зависимости от ряда внешних и внутренних факторов (колебаний марганца в рудах, степени извлечения марганца в сплав, компании — перевозчика руды и т. д.).

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности использования обоих видов продукции. Марганец относится к дефицит-

ным стратегическим материалам, без него невозможна выплавка ни одной марки стали, а освоение отечественных месторождений требует длительного времени и больших, долго окупающихся затрат. Поэтому в качестве од-

ного из реальных вариантов применяемого сырья следует рассматривать высококачественную руду африканских стран с использованием транспортной и энергетической инфраструктуры и налаженной схемы поставок.

Список источников

1. Гурова С. А., Гурова Л. М. Экономические аспекты развития отечественной металлургии на современном этапе // Сталь. — 2011. — № 12. — С. 67-70.
2. Машковцев Г. А. Современное состояние минерально-сырьевой базы черной металлургии России // Сталь. — 2008. — № 3. — С. 14-18.
3. Романова О. А. Условия и факторы структурной модернизации региональной промышленной системы // Экономика региона. — 2011. — №2. — С. 40-48.
4. Технология марганцевых ферросплавов. Ч. 1. Высокоуглеродистый ферромарганец / В. И. Жучков, Л. А. Смирнов, В. П. Зайко, Ю. И. Воронов. — Екатеринбург: НИСО УрО РАН, 2007. — 410 с.
5. Тигунов Л. П., Смирнов Л. А., Менаджиева Р. А. Марганец. Геология, производство, использование. — Екатеринбург: АМБ, 2006. — 184 с.

Информация об авторах

Жучков Владимир Иванович (Екатеринбург, Россия) — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук (620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101).

Сиротин Дмитрий Владимирович (Екатеринбург, Россия) — аспирант, Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук, магистр коммерции, УрФУ (620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, e-mail: sirotind.umk@mail.ru).

V. I. Zhuchkov, D. V. Sirotin

Efficiency of manganese ore application in Ural metallurgical industry

In the article, it is proved that expansion of an assortment and increase of steel properties is one of the most important issues of the metallurgy. Its problem-solving can be carried out with the use of alloying additions, first of all — manganese. The most significant global manufacturers of manganese-ore raw materials are considered the analysis of the choosing raw materials and suppliers for the domestic ferroalloy industry is conducted. Calculation data of preparation and delivery of manganese ore for metallurgical industry of Ural is presented. The comparative analysis of use options of raw materials for production of the final product — ferromanganese is carried out. Besides technological assessment of the project, the economic justification of its realization is given. Expediency of development of the Russian mining and metallurgical complexes in cooperation with the import countries of high-quality manganese raw materials is proved.

Keywords: comparative cost price, effectiveness, metallurgy, manganese ore reserve and deposit, ferromanganese

Reference

1. Gurova S. A., Gurova L. M. (2011). Ekonomicheskie aspekty razvitiya otechestvennoy metallurgii na sovremennom etape [Economics Aspects of Development of National Metallurgy at the Present Stage]. Stal [Steel], 12, 67-70.
2. Mashkovtsev G. A. (2008). Sovremennoye sostoyanie meniralno-syryevoy bazy chernoy metallurgii Rossii [Current State of Mineral Resource Base of Russian Metal-Maker]. Stal [Steel], 3, 14-18.
3. Romanova O. A. (2011). Usloviya i factory struktturnoy modernizatsii regionalnoy promyshlennoy sistemy [Conditions and Factors of Structural Modernization of the Regional Industrial System]. Ekonomika regiona [Economy of Region], 2, 40-48.
4. Zhuchkov V. I., Smirnov L. A., Zayko V. P., Voronov Yu. I. (2007). Tekhnologiya margantsevykh ferrosplavov. Ch. 1. Vysokouglerodisty ferromarganets [Technology of Manganese Ferroalloys. P.1. High-Carbonaceous Ferromanganese]. Yekaterinburg, NISO UrO RAN [Scientific Publishing Council, UB RAS], 410.
5. Tigunov L. P., Smirnov L. A., Menadzhiev R. A. (2006). Geologiya, proizvodstvo, ispolzovanie [Geology, Production, Use.]. Yekaterinburg, AMB, 184.

Information about the authors

Zhuchkov Vladimir Ivanovich (Yekaterinburg, Russia) — Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Research Scientist, Institute of Metallurgy, the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (620016, Yekaterinburg, Amundsena St., 101).

Sirotin Dmitriy Vladimirovich (Yekaterinburg, Russia) — PhD Student, Institute of Economics, the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Master of Commerce, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin (620014, Yekaterinburg, Moskovskaya St., 29, e-mail: sirotin.umk@mail.ru).