

Кривенко В. В. /к. т. н./

КНУ

Кучер Д. И.

ПАО «Никопольский завод ферросплавов»

Овчарук Д. С., Таран А. Ю.

НМетАУ

Сиваченко В. М. /к. т. н./, Забудченко Д. В.

ГП «УкрНИИ Спецсталь»

Кучер И. И.

ПАО «Запорожский ферросплавный завод»

Исследование распределения примесных элементов при выплавке ферросиликомарганца

Приведены результаты исследований по изучению степени распределения основных элементов и примесных элементов между металлом и шлаком, с использованием энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), при производстве ферросиликомарганца с использованием импортного марганцевого марганецсодержащего сырья с высоким содержанием цветных элементов. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 3 назв.

Ключевые слова: ферросплавы, вредные примеси, ферросиликомарганец, марганцевые руды и концентраты, энергодисперсионный рентгеноспектральный микроанализ

Research results concerning study of the degree of distribution of main and foreign elements between metal and slag with the usage of energy-dispersive electron probe microanalysis (EDEPM), during production of ferrosilicon manganese with application of foreign manganese manganiferous material with high content of nonferrous elements are given.

Keywords: ferroalloys, harmful impurities, ferrosilicon manganese, manganese ores and concentrates, energy-dispersive electron probe microanalysis

Широкое внедрение в промышленную практику новых способов получения высококачественных сталей и сплавов, ужесточение требований к качеству металла, получаемого в металлургических агрегатах, выдвигает задачу дальнейшего улучшения качества ферросплавов, в том числе и по содержанию вредных примесей, которые не регламентируются действующими стандартами. В этой связи в последнее время практически на все виды ферросплавов введены новые стандарты, которые регламентируют их повышенное качество.

Как известно, качество ферросплавов характеризуется содержанием и пределами колебаний в них ведущего элемента, концентрацией сопутствующих (вредных) примесей (C, S, P, Pb, Zn, As, Cu и др.) гранулометрическим составом, плотностью, температурой плавления, содержанием неметаллических включений, а также кислорода, водорода, азота и др.

Основным показателем качества ферросплавов является его химический состав и, прежде всего, содержание в нем ведущего элемента. В соответствии с требованиями производителей стали, заинтересованных в использовании малой массы легирующих присадок, ферросплавная промышленность производит преимущественно сплавы с высокой концентрацией веду-

щего элемента. Для большинства ферросплавов величина отклонения ведущего элемента находится в пределах $\pm 2\%$, что обеспечивает получение стали с узкими заданными пределами содержания легирующих элементов.

С целью уменьшения угара легирующих элементов, присадка ферросплавов в стальную ванну осуществляется, как правило, в заключительный период плавки, когда возможность рафинирования стали от вредных примесей весьма ограничена. В связи с этим необходимо учитывать содержание в ферросплавах примесей, вредное влияние которых на свойства стали определено и установлено [1, 2], а по возможности должно быть и регламентировано.

Особо вредными в ферросплавах являются примеси таких цветных металлов, как свинец, олово, мышьяк, цинк, медь. Присутствие таких примесей в стали ухудшает ее механические свойства и ковкость в холодном и горячем состоянии и прочее [3]. Отличительной особенностью примесей указанных металлов является и то, что они практически не удаляются из металла по ходу плавки при обычных методах ее осуществления. Поэтому нет иного выхода, кроме как ограничения содержания вредных примесей в металлической части шихты, и в первую очередь, в ферросплавах.

Основным носителем вредных примесей при производстве ферросплавов является исходное сырье – руды и концентраты. Особую актуальность этот вопрос приобрел в последнее время, поскольку в условиях вынужденного использования импортных руд и с целью получения конкурентоспособных на мировом рынке отечественных ферросплавов по содержанию фосфора не всегда можно гарантировать постоянство химического состава в отношении содержания вредных примесей в производимых ферросплавах.

В этой связи представляет большой научный и практический интерес исследования поведения вредных примесей (цветных металлов) в процессе производства ферросплавов, в частности марганцевых, с использованием импортного марганцевого сырья.

Исследования проводили с использованием импортного марганцеворудного сырья, содержащего повышенное (в сравнении с отечественным) содержание цветных металлов (Cu, Pb, Zn, As) в виде необогащенной марганцевой руды и концентрата, химический состав которых приведен в таблице.

Как видно из таблицы, содержание примесей цветных металлов в импортных марганцевых концентратах на порядок, а то и более, выше по сравнению с отечественными.

Опытные плавки, по изучению степени перехода цветных металлов из импортного сырья в ферросиликомарганец, проводили в институте УкрНИИ Спецсталь на лабораторной электропечи типа РКО-0,5 с трансформатором мощностью 50 кВА. Результаты выплавки ферросиликомарганца с использованием необогащенной марганцевой руды показали весьма низкие технологические показатели процесса. Это, в первую очередь, по степени извлечения кремния (не более 25 %), а также высокого удельного расхода электроэнергии (более 6000 кВт·ч/т сплава) сырья и восстановителя. В этой связи опыты продолжили с использованием в шихте только обогащенной марганцевой руды (концентрата).

Результаты выплавки товарного ферросиликомарганца из импортного марганцевого концентрата показали возможность получения

сплава с содержанием марганца в пределах 71-72 %, кремния 16,5-17,1 % и фосфора до 0,1 %, что соответствует ферросиликомарганцу марки MnC17P10. Извлечение марганца в сплав составило 82 %.

Содержание цветных металлов и вредных примесей в ферросиликомарганце находились в пределах, %_{мас.}: медь 0,57-0,63; свинец 0,014-0,017; цинк 0,0002-0,0004; мышьяк 0,0048-0,0058.

Таким образом, при выплавке ферросиликомарганца с использованием импортного (марокканского) марганцевого концентрата распределение цветных (вредных) металлов происходит следующим образом: в металл – свинец до 1 %, медь – более 90 %, мышьяк более 80 %, цинк – до 1 %. В улет: свинец до 98 %, медь до 8 %, мышьяк до 15 % и цинк до 99 %. В шлак: свинец – до 0,3 %; медь – 2,4 %; мышьяк – 2,9 % и цинк 0,1 %.

Распределение основных элементов, включая примеси, в импортном концентрате и ферросиликомарганце подтверждается энергодисперсионным рентгеноспектральным микроанализом (РСМА). Анализ проводили на электронном растровом микроскопе JSM 6360 LA оснащенной системой для проведения РСМА, в режиме низкого вакуума (давление в камере 30 Па) при ускоряющем напряжении 13 кВ. Микроструктуру снимали в режиме «схро» (режим фазового контраста, без травления шлифа). Результаты фазового анализа представлены на рис. 1 для марганцевого концентрата и на рис. 2 для ферросиликомарганца, из которых следует, что большему содержанию элемента соответствует более интенсивная окраска шлифа. Так, сравнение интенсивности окраски шлифов исследованных на наличие меди и мышьяка в концентрате (рис. 1) практически не отличается от окраски шлифов этих элементов в металле (рис. 2), что свидетельствует о высокой (80-90 %) степени перехода их в сплав, а окраска шлифов свинца и цинка в ферросиликомарганце значительно ниже окраски шлифов в марганцевом концентрате, что свидетельствует о переходе их, в основном, в газовую фазу. Это подтверждается результатами химического анализа исследуемых элементов в продуктах плавки (металл, шлак, возгоны) при провидении его баланса.

Таблица

Химический состав импортной марганцевой руды и концентрата

Материал	Содержание, мас. %										
	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	Fe	P	Cu	Pb	Zn	As	Al ₂ O ₃
Руда марокканская	25,5	20,6	9,0	5,0	1,2	0,025	0,09	0,025	0,027	0,002	3,2
Концентрат марокканский	39,2	16,9	3,6	2,2	1,7	0,026	0,4	0,3	0,066	0,0021	2,7
Никопольский концентрат	36,8	18,5	4,8	1,7	1,6	0,19	0,008	0,012	0,0014	0,0007	1,4

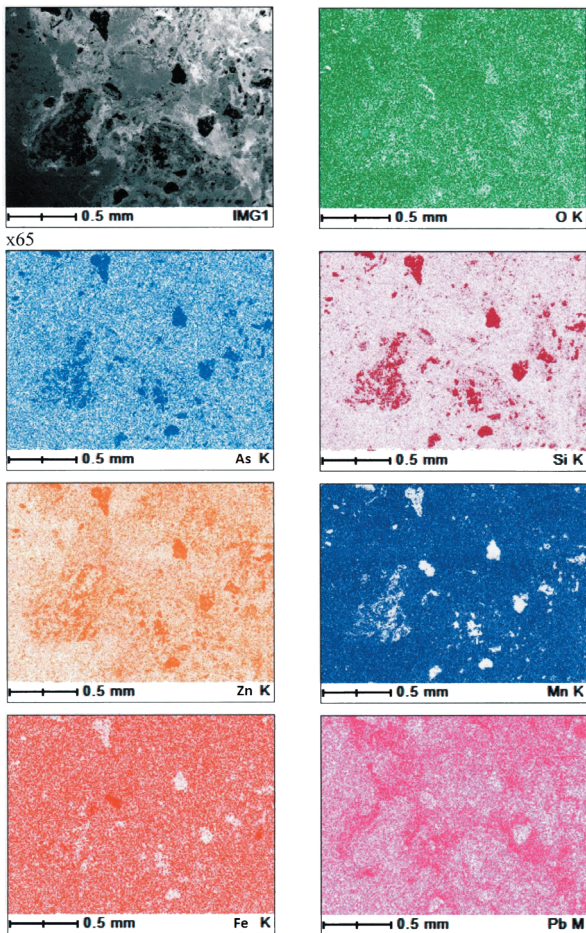


Рис. 1. Марганцевый концентрат. Результаты РСМА в режиме картирования. Большшему содержанию элемента соответствует более интенсивная окраска

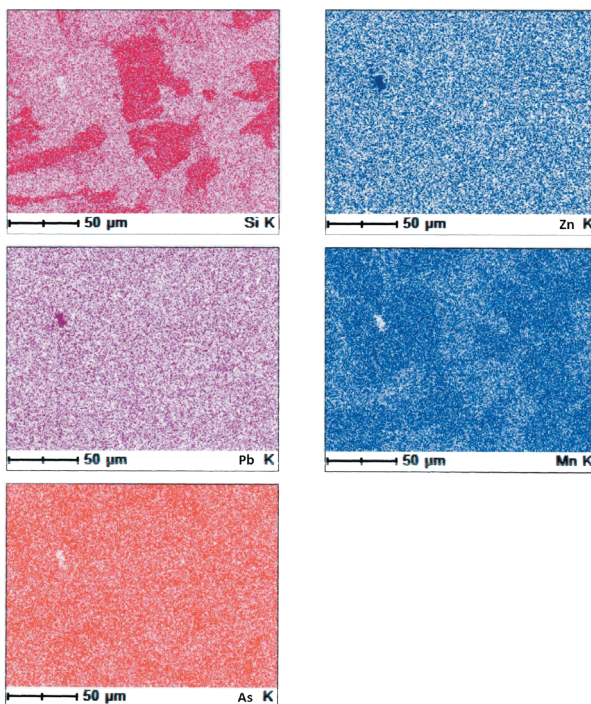


Рис. 2. Ферросиликомарганец. Результаты РСМА в режиме картирования. Большшему содержанию элемента соответствует более интенсивная окраска

Выводы

Конкуренентоспособность украинской ферросплавной продукции на мировом рынке ферросплавов в значительной мере зависит от качества марганцевых ферросплавов и, особенно, от содержания вредных примесей и примесей цветных металлов, таких как медь, свинец, цинк и другие. Особенно это важно для большегрузных марок ферросплавов, таких как ферросиликомарганец. Основными источниками цветных металлов в ферросплавах являются сырьевые материалы – марокканские марганцевые руды и их концентраты. Установлено, что характерной и положительной особенностью некоторых этих руд является низкое содержание фосфора, что позволяет получать ферросиликомарганец с содержанием фосфора не более 0,1 % и высокое содержание таких цветных и вредных металлов, как медь, свинец и мышьяк. Исследование степени распределения цветных металлов между металлом и шлаковой, и газовой фазами показало, что такие элементы как медь и мышьяк на 80-90 % переходят из шихты в металл. Такие элементы, как свинец и цинк более чем на 90 % переходят в газовую фазу. В шлаковую фазу переходит лишь незначительная часть из указанных цветных элементов – не более 3 %.

Библиографический список

1. Гасик Л. Н., Игнатъев В. С., Гасик М. И. Структура и качество промышленных ферросплавов и лигатур. – М.: Техника, 1975. – 152 с.
2. Гасик М. И., Лякишев Н. П. Физико-химия и технология электроферросплавов. – Днепропетровск: ГНПП. «Системные технологии», 2005. – 448 с.
3. Приданцев М. В. Жаропрочные стареющие стали. – М.: Металлургия, 1973. – 96 с.

Поступила 08.12.2014

