

Д.В.Забудченко, В.М.Сиваченко⁽¹⁾, М.В.Толочко⁽²⁾

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЮМИНИЙСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ ПРИ ДОВОССТАНОВЛЕНИИ МАРГАНЦА ИЗ ОТВАЛЬНЫХ ШЛАКОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Запорожская государственная инженерная академия,

*⁽¹⁾Украинский научно-исследовательский институт специальных сталей, сплавов
и ферросплавов», г.Запорожье,*

⁽²⁾ОАО «Запорожский ферросплавный завод»

Наведено результати лабораторних досліджень з алюмінотермічного відновлення марганцю з відвальних високоосновних шлаків ферросплавного виробництва з використанням вторинних матеріалів, що містять алюміній.

Представлены результаты лабораторных исследований по алюминотермическому довосстановлению марганца из отвальных высокоосновных шлаков ферросплавного производства с использованием вторичных алюминийсодержащих материалов.

Введение. В работе [1] показана достаточно высокая эффективность использования вторичного алюминия в качестве восстановителя при довосстановлении марганца из отвального шлака производства металлического марганца. Однако в настоящее время основным фактором, ограничивающим применение алюминия в металлургии, является его достаточно высокая стоимость. Поэтому в сложившихся экономических условиях становится актуальным вопрос поиска новых, более дешевых алюминийсодержащих материалов, которые можно достаточно эффективно использовать в качестве восстановителя.

Такой альтернативой дорогостоящему алюминию, на наш взгляд, могут служить шлаки производства вторичного алюминия. Эти шлаки в достаточно больших количествах образуются на предприятиях, переплавляющих лом алюминия в отражательных и роторных печах. Содержание алюминия (в основном в виде королек металла различных размеров) в таких шлаках находится в пределах 25...50%. Подобные шлаки, после определенной подготовки, использовали при производстве передельного ферросиликомарганца [2], что позволило несколько улучшить показатели выплавки данного сплава углеродотермическим процессом. Существующая технология утилизации подобных шлаков, включающая дробление в галтовочных барабанах с последующим рассевом, позволяет извлекать крупные королки металла и получать продукт, содержащий до 80% алюминия. В дальнейшем полученный продукт возвращают на переплав либо направляют на металлургические предприятия, где используют в качестве раскислителя.

Следует отметить, что в результате переработки шлаков образуется большое количество так называемых алюминиевых порошков субоксиметаллических (АПС), содержание алюминия в которых достигает 25%. АПС представлены фракцией менее 7,0 мм и, на наш взгляд, могут быть эффективно использованы в качестве восстановителя в ферросплавном производстве.

Постановка задачи исследований. Определение принципиальной возможности и выявление основных технологических особенностей использования алюминийсодержащих шлаков в качестве восстановителя при довосстановлении марганца из высокоосновных отвальных шлаков ферросплавного производства.

Изложение материалов исследования. С целью выявления принципиальной возможности использования АПС в качестве восстановителя при довосстановлении отвального шлака металлического марганца был выполнен ряд опытов по методике, описанной в работе [1]. Количество АПС рассчитывали таким образом, чтобы отношение массовых долей алюминия и марганца в шихте (Al_{III}/Mn_{III}) было таким же, как и в опытах с чистым алюминием, то есть 0,36, 0,72, 1,08 и 1,44. Содержание алюминия в АПС составляло 22%. При анализе полученных результатов рассматривали влияние отношения алюминия к марганцу в шихте на химический состав и выход годного металла, а также степень довосстановления марганца и сравнивали их с аналогичными показателями, полученными при использовании в качестве восстановителя вторичного металлического алюминия (табл.1).

Таблица 1 – Количество и химический состав металла, полученного при различном отношении алюминия к марганцу в шихте с применением в качестве восстановителя АПС (числитель) и алюминия металлического (знаменатель)

Al_{III}/Mn_{III}	Выход металла, %	Химический состав металла, %					Степень восстановления Mn, %	Степень восстановления Si, %
		Mn	Si	P	Fe	Al		
0,36	9,5/9,6	77,6/79,4	7,5/18,0	0,12/0,02	10,3/0,7	0,3/0,2	52,6/56,4	5,8/13,0
0,72	16,0/16,0	59,9/70,7	12,9/28,3	0,07/0,02	20,9/0,5	0,7/0,2	68,4/75,4	15,9/34,6
1,08	17,0/21,0	55,3/63,9	16,9/33,4	0,07/0,02	18,5/0,8	2,7/0,5	67,2/96,6	22,1/53,5
1,44	21,0/26,5	47,2/54,8	26,1/35,6	0,05/0,02	17,9/0,6	4,6/5,9	70,8/97,5	42,2/70,7

Как видно из табл.1, независимо от отношения Al_{III}/Mn_{III} продуктом восстановления шлаков являются различные по составу марганец-кремниевые лигатуры, которые можно применять для раскисления и легирования стали. Необходимо отметить, что положительной особенностью этих лигатур является низкое содержание фосфора.

Сравнивая основные показатели довосстановления марганца из отвального шлака металлического марганца при помощи металлического алюминия и АПС, необходимо отметить, что выход металла при отношении Al_{III}/Mn_{III} , равном 0,36 и 0,72 для рассматриваемых вариантов остается неизменным. Однако, при указанных значениях отношения Al_{III}/Mn_{III} степень довосстановления марганца и кремния вторичным алюминием несколько выше, чем при использовании АПС. Одинаковое значение выхода металла связано с переходом железа, содержащегося в АПС, в сплав.

Таким образом, можно заключить, что АПС (продукт переработки отвальных шлаков от получения вторичного алюминия) можно эффективно использовать в качестве алюминийсодержащего восстановителя при получении марганцевых лигатур из отвального шлака металлического марганца. Однако при этом становится очевидным, что с целью увеличения содержания алюминия в АПС необходимо разработать эффективную схему его обогащения.

Ряд технологических схем переработки и обогащения алюминиевых шлаков достаточно широко освещен как в периодической литературе (например [3]), так и в сети *Internet*. Суть процессов обогащения алюминиевых шлаков, в которых, как говорилось выше, алюминий находится в виде мелких корольков, заключается в отделении более хрупкой минеральной части шлаков от пластичных корольков алюминия путем дробления.

В лабораторных условиях были опробованы следующие схемы обогащения АПС:

– магнитная сепарация исходного материала и рассев немагнитной фракции на сите 1,0 мм с получением готового продукта фракции 1,0...7,0 мм и отсевов (вариант 1).

– магнитная сепарация исходного материала, его дробление в молотковой дробилке и рассев на сите 1,0 мм с получением готового продукта фракции 1,0...3,0 мм и отсевов (вариант 2).

По варианту 1 выход годного продукта в среднем составляет 45...55%. При этом содержание металлического алюминия увеличилось с 25% в исходном АПС до 30...35% в готовом продукте. Содержание общего железа не превышает 3,5%.

По варианту 2 выход годного продукта в среднем составляет 30...38%. Содержание металлического алюминия увеличилось до 38...45%. Содержание общего железа не превышает 4%.

В лабораторных условиях были проведены исследования, целью которых являлось определение зависимости основных показателей процесса довосстановления марганца из отвального шлака от содержания алюминия в АПС. Опыты проводили в алундовых тиглях при температуре 1550...1600 °С. Количество АПС в шихте было постоянным и составляло 50% от массы отвального шлака. В опытах использовали следующие виды АПС:

– вариант 1 – исходный АПС фракции -7,0 мм с содержанием металлического алюминия 25%

– вариант 2 – АПС фракции 1,0...7,0 мм, подготовленный по варианту 1 (см. выше), с содержанием металлического алюминия 32%;

– вариант 3 – АПС фракции 1,0...3,0 мм, подготовленный по варианту 2, с содержанием металлического алюминия 41%.

Результаты исследований представлены в табл.2.

Таблица 2 – Основные показатели процесса восстановления марганца из отвальных шлаков с использованием различного АПС

Номер варианта	Выход металла, % от массы шлака	Химический состав металла, %					Извлечение марганца, %	Извлечение кремния, %
		<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>Al</i>	<i>P</i>		
1	18	63,8	16,7	7,4	0,7	0,06	82,0	21,5
2	22	56,3	29,3	4,8	5,4	0,05	88,5	49,6
3	29	44,1	32,8	3,3	15,2	0,01	91,3	73,2

Сравнивая химический состав получаемых сплавов (табл.1 и 2), необходимо отметить низкое содержание железа в металле, полученном с использованием обогащенного АПС, что связано со снижением содержания железа в последнем. Полученный сплав соответствует по своему химическому составу комплексному раскислителю АМС (сплаву системы «алюминий–марганец–кремний»).

Как видно из представленных данных, увеличение содержания металлического алюминия в АПС приводит к закономерному увеличению как выхода металла, так и степени восстановления марганца и кремния. Кроме того, сравнивая полученные данные с данными по восстановлению марганца из отвального шлака металлическим алюминием, необходимо отметить, что использование АПС с повышенным содержанием металлического алюминия (30...40%, а не 20...25%) при прочих равных условиях (прежде всего одинаковое количество АПС – 50% от массы отвального шлака) позволит получить результаты по довосстановлению марганца максимально приближенными к результатам, полученным при использовании в качестве восстановителя чистого алюминия. Так, выход металла при использовании в качестве восстановителя металлического алюминия и обогащенного АПС при равном соотношении *Al/Mn* в шихте является практически одинаковым, а степень восстановления марганца при использовании АПС незначительно ниже.

Выводы. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие заключения:

1. АПС, являющийся продуктом переработки шлаков от производства вторичного алюминия, может быть эффективно использован в качестве алюминийсодержащего восстановителя при довосстановлении марганца из высокоосновных отвалных шлаков ферросплавного производства.

2. Увеличение содержания металлического алюминия в АПС за счет обогащения позволяет эффективнее использовать его в качестве восстановителя марганца и кремния в процессах довосстановления отвалных высокоосновных шлаков ферросплавного производства. Предложена простая и эффективная двухстадийная схема обогащения АПС. На первой стадии производят магнитную сепарацию исходного АПС с целью отделения железа, а на второй стадии обогащенный продукт подвергают дроблению на молотковой дробилке до фракции менее 3,0 мм с целью отделения минеральной породы шлака от частиц алюминия. Затем производят рассев на сите 1,0 мм. Выход годного продукта (фракция 1,0...3,0 мм) составил 30...38% от массы исходного материала, а содержание металлического алюминия увеличилось до 38...45%.

3. Результаты восстановления марганца из высокоосновных отвалных шлаков ферросплавного производства с использованием обогащенного АПС сопоставимы с результатами, полученными при использовании в качестве восстановителя металлического алюминия. При этом максимальная степень восстановления марганца и кремния (при отношении Al/Mn в шихте = 1,44) составила 91,3 и 73,2% соответственно. Полученный при этом сплав соответствует по своему химическому составу комплексному ферросплаву типа АМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Забудченко Д.В., Сиваченко В.М., Толочко М.В., Шаранова В.В.* Исследование процесса алюминотермического довосстановления марганца из отвалного шлака производства металлического марганца. / *Металургія (Наукові праці ЗДІА).* - Запоріжжя: ЗДІА, 2008. - Вип.17. - С.11-18.
2. *Водин И.И., Щедровицкий В.Я., Емлин Б.И. и др.* Выплавка высококремнистого передельного силикомарганца с использованием отходов алюминиевого производства // *Сталь.* - 1986. - № 1. - С.50-52.
3. *Хантельманн Х.* Полная переработка алюминиевых солевых шлаков // *Цветные металлы.* 1992. - № 6. - С.63-64.

Стаття надійшла до редакції 09.10.2008 р.

Рецензент, проф. М.Ф.Колесник