

Воронько М. И.
аспирант,
Проценко М. Ю.
к.т.н., доц. каф. МЧМ,
Мионов А. Б.
магистрант гр. МЧМ-15мз
ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР

АНАЛИЗ СОСТАВА ОТХОДОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ферросплавное производство является одним из наиболее энерго- и ресурсоемких в металлургической промышленности, в результате деятельности которого в значительной степени накапливаются отходы. Поэтому комплексное использование сырья и промышленных отходов для создания безотходных и экологически чистых технологий становится все более актуальным и экономически привлекательным. Очень перспективными в настоящее время являются направления по переработке металлургических отходов с последующим извлечением из них ценных компонентов.

За многолетнюю историю деятельности ферросплавных заводов Донбасса, а в частности крупнейшего его представителя — филиала № 13 «Стахановский завод ферросплавов» ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС» (СЗФ), в отвалах скопилось большое количество отходов ферросплавного производства (ОФП). С целью повторного использования техногенных отходов в металлургическом переделе необходимо выполнить комплексный анализ состава ОФП. Продуктом экзотермической реакции карботермического процесса восстановления кремния на СЗФ является металлическая фаза в виде ферросилиция и шлаковая фаза, которая в основном содержит кремнезем (SiO_2). Помимо кремнезема, шлак содержит оксиды других элементов, участвующих в химических реакциях. По литературным данным в ОФП содержится 30÷80 % кремнезема, содержание других компонентов (Al_2O_3 , CaO , MgO , MnO и т. д.) 0,5÷35 % в зависимости от вида выплавляемого сплава [1]. Также при производстве ферросилиция на 1 т выплавляемого кремния образуется 300÷900 кг пыли (шлама), а при производстве ферросиликомарганца образуется 200÷600 кг пыли, содержащей ценные компоненты на 1 т полученного сплава [2–4]. СЗФ производит в основном кремнистые и марганцевые ферросплавы, определенная доля которых запутывается в шлаковой фазе в виде корольков сплава и с ОФП вывозится в отвал.

На промышленном отвале СЗФ отходы визуально представляют собой многочисленные насыпи, состоящие в основном из частиц фракцией 40÷100 мм разной плотности и цвета. В большей части насыпи отходов состоят из шлаковой фазы с частичками ферросплавов, однако также присутствует мусор в виде электродной массы, огнеупорного кирпича и т. п. Поэтому актуальным является исследование компонентного состава данного отвала.

Для исследований состава ОФП на территории отвала среди насыпей визуально были определены вероятные места производства определенных ферросплавов, из которых было отобрано 3 пробы по 10 кг.

На первом этапе исследований физико-химических свойств отобранных проб отходов производили определение их насыпной и истинной плотности, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Насыпная и истинная плотность ферросплавных отходов

Величина	№ пробы		
	1	2	3
Насыпная плотность, кг/м^3	2091	1665	1508
Истинная плотность, кг/м^3	3571	3125	2564

Приведенные данные в таблице 1 показывают, что пробы имеют высокую истинную плотность, а значит, могут иметь в своем объеме значительное количество металлической фазы, поэтому для ее определения необходимо произвести расплавление ОФП, в результате которого произойдет разделение фаз. Разделение фаз из ОФП данных ферросплавов магнитной сепарацией не возможно, так как эти ферросплавы не обладают достаточными магнитными свойствами для качественного отмагничивания металлической фазы, а возможно только методом их переplava или ручного разделения, однако это не даст объективного результата, так как присутствует «человеческий фактор».

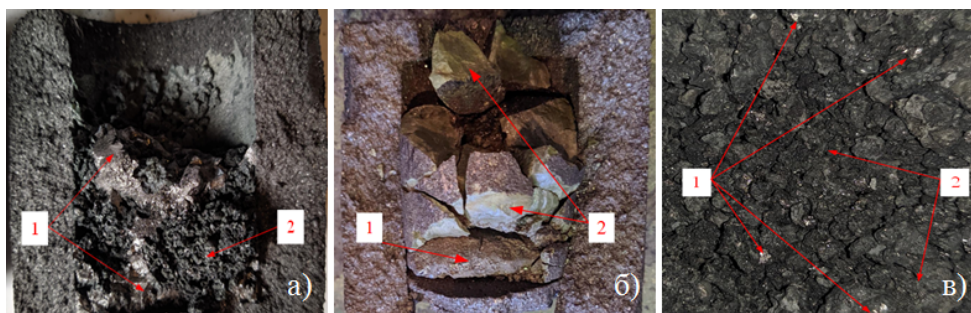
Перед проведением переplava ОФП произведена подготовка проб, — измельчение их до фракции «-1,0» мм, усреднение и отбор по 1 кг. Переplav проб производился в графитовом тигле с применением индукционной печи ИСТ-0,01 на базе кафедры «Металлургия черных металлов» ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ».

В процессе переplava проб, при необходимости, порционно использовали в качестве флюса негашёную известь, перемешивая расплав стальным прутом. При переplave пробы № 1 ее полное расплавление достигли при температуре около 1650 °С. В результате переplava зафиксировано разделение ОФП на две фазы (рис. 1, а). Металлическая фаза представляла собой твердый хрупкий сплав серого цвета с металлическим блеском. Шлаковая фаза — пористый материал темного, ближе к черному, цвета.

При температуре около 1400 °С была расплавлена проба № 2. Продукты переplava данной пробы представлены на рисунке 1, б. Металлическая фаза скапливалась на дне тигля и представляла собой твердый хрупкий сплав серого цвета с металлическим блеском. Шлаковая фаза — плотный материал зеленого цвета.

Переplav пробы № 3 происходил при температуре около 1550 °С, разделение продуктов плавки на металлическую и шлаковую фазы произошло не в полной мере, как показано на рисунке 1, в. Металлическая фаза в виде твердого и хрупкого сплава серого цвета с металлическим блеском представляла собой запутавшиеся в шлаке корольки, частички которых присутствовали по всему объёму застывших продуктов плавки. Шлаковая фаза — пористый материал черного цвета.

На основании проведенных плавки по переplavu отходов ферросплавного производства СЗФ были рассчитаны материальные балансы, согласно которых на плавках № 1 и № 2 получено наибольшее количество металлической фазы (55,81 % и 27,92 % соответственно), а выход металлической фазы из ОФП составил 41,46 % и 32,78 % соответственно, однако для данных плавки общий угар компонентов плавки достиг 0,032 кг, что подтверждает наличие в данных пробах летучих примесей. По результатам плавки № 3 получен общий угар компонентов 0,018 кг, а общая металлическая фаза составила 16,8 %, при этом выход металлической части из ОФП составил 13,51 %, что свидетельствует о низком содержании корольков сплава в отходах и подтверждает их низкую истинную плотность. После ручного разделения полученных продуктов трех плавки на металлическую и шлаковую фазы, был выполнен их химический анализ, результаты которого представлены в таблицах 2, 3.



1 — металлическая фаза; 2 — шлаковая фаза

Рисунок 1 — Внешний вид переplava отходов ферросплавного производства

Таблица 2 — Химический состав шлаковой фазы ОФП, %

№ плавки	MnO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Прочее
1	0,29	66,30	14,10	12,46	0,36	1,60	3,96	0,93
2	33,20	26,80	22,70	6,42	4,35	4,12	1,21	1,20
3	0,62	64,20	11,20	10,80	0,58	1,24	9,96	1,40

Таблица 3 — Химический состав металлической фазы ОФП, %

№ плавки	C	Si	Mn	P	S	Fe	Прочее
1	0,73	68,70	0,54	0,036	0,053	29,70	0,241
2	2,67	4,16	55,40	0,318	0,281	37,10	0,071
3	0,59	29,30	1,13	0,029	0,044	68,60	0,307

Данные лабораторных исследований показали, что получаемая в результате переплава ОФП металлическая и шлаковая фаза имеет различную структуру и цвет, а также может содержать полезные компоненты для металлургии и строительства. Результаты химического анализа продуктов плавки свидетельствуют, что металлическая фаза проб № 1 и № 3 характеризуется, как кремнистый сплав с незначительным содержанием вредных примесей, который может применяться для раскисления-легиrowания железоуглеродистых расплавов. Высокое содержание марганца и углерода в металлической фазе пробы № 2 предполагает ее применение для легиrowания высокоуглеродистых расплавов.

Результаты исследований показывают, что ОФП содержат значительное количество ценных компонентов, возврат которых в металлургический передел позволит частично заменить дорогостоящее сырье. Применение полученных шлаковых фаз наиболее актуально в дорожном строительстве и при производстве строительных материалов.

В ходе дальнейших исследований необходимо определить технологические параметры, способствующие наиболее полному извлечению и разделению ценных компонентов из ОФП.

Список литературы

1. Зубов, В. Л. Электрометаллургия ферросилиция / В. Л. Зубов, М. И. Гасик. — Днепропетровск : Системные технологии, 2002. — 704 с.
2. Розенберг, В. Л. Рудовосстановительные электропечи. Энергетические показатели и очистка газов / В. Л. Розенберг, А. Ю. Вальдберг. — М. : Энергия, 1974. — 130 с.
3. Толстогузов, Н. В. Теоретические основы и технология плавки кремнистых и марганцевых сплавов / Н. В. Толстогузов. — М. : Металлургия, 1992. — 239 с.
4. Гасик, М. И. Теория и технология производства ферросплавов : учеб. для вузов / М. И. Гасик, Н. П. Лякишев, Б. И. Емлин. — М. : Металлургия, 1988. — 784 с.