

УТИЛИЗАЦИЯ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.Н. Дильдин, В.И. Чуманов, Т.А. Бендера

В процессе выплавки металлургических расплавов неизбежно образуются шлаки, общее количество которых по отрасли в отвалах превышает 250 млн т [1]. Переработка и утилизация шлаков остается актуальной задачей для всех предприятий черной металлургии, остро стоит эта проблема на передельных заводах типа ОАО «Златоустовский металлургический завод». Согласно проведенной оценке, из 5 млн т. шлаковых отвалов ОАО «ЗМЗ» 61 % приходится на сталеплавильные шлаки, 19 % составляет металлический материал (скрап, включения в шлаке), 12 % составляет лом огнеупоров, остальное – мусор.

Химический анализ отвальных сталеплавильных шлаков, взятых в различных местах и горизонтах, согласно проведенному анализу изменяется в следующих пределах, % (по массе): MnO – 2,8...5,0; Cr₂O₃ – 1,7...11,9; FeO – 1,0...43,9; NiO – 0,1...0,34; TiO₂ – 0,3...1,5; V₂O₅ – 0,15...0,34.

Целью данной работы является изучение возможности промышленной переработки шлаков указанного состава.

На кафедре общей металлургии разработана схема утилизации отвальных шлаков, основные элементы которой представлены на рис. 1.

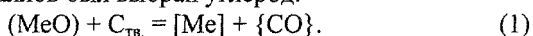
Данная схема отличается от известных [1, 2, 3] разделением шлаков по их плотности с сохранением традиционных операций (типа магнитной сепарации).

С использованием метода ПРКМ был проведен термодинамический анализ многокомпонентных оксидных систем, моделирующих состав указанных выше сталеплавильных шлаков для выявления условий стабильного существования оксид-

ных фаз, равновесных как между собой, так и с металлическим расплавом в широком температурном интервале. Было установлено, что при температуре более 1300 °С возможно комплексное восстановление оксидов металлов, с использованием в качестве восстановителя углерода.

Полнота восстановления легирующих зависит от температурных условий протекания процесса, количества восстановителя и активности компонентов шлаковых расплавов. Активность компонентов шлаковых расплавов оценили по теории регулярных ионных растворов. Для анализируемых оксидных систем было установлено, что при температуре 1600 °С активность оксида железа FeO меняется в пределах 0,22...0,66, активность оксида марганца MnO изменяется в пределах 0,015...0,074.

Поскольку фактические концентрации FeO в шлаке превышают равновесные концентрации, согласно оценке равновесия в системе Fe–C–O, в качестве восстановителя при проведении лабораторных исследований по восстановлению оксидов металлов был выбран углерод:



Опытные плавки по жидкофазному восстановлению обогащенного шлака проводили в печи Таммана, восстановлению подвергали отмагниченную и неотмагниченную часть шлака. Шлаки смешивали с коксом в соотношении 10 г. кокса на 100 г. шлака, засыпали в графитовый тигель и помещали в рабочее пространство печи. Температура менялась в пределах 1350...1500 °С, время нагрева до образования жидкой фазы составило 20...50 мин в зависимости от массы навески и степени нагрева.

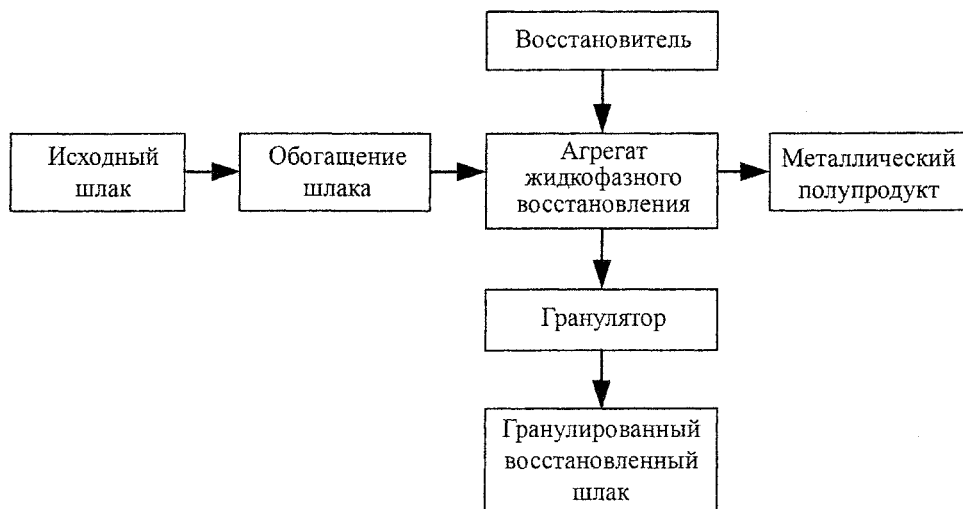


Рис. 1. Схема утилизации шлаков сталеплавильного производства

Химический состав выплавленного металла, %

C	Mn	Si	Ni	Cr	V	Ti	P	S	Cu	Al	Fe
5,34	1,5	0,07	0,75	3,30	0,15	0,02	0,16	0,04	0,2	0,08	87,9
4,92	7,6	3,50	1,26	8,85	0,41	0,45	0,57	0,02	0,3	0,16	70,1
6,34	4,5	2,20	0,6	21,0	0,50	0,55	0,25	0,02	0,1	0,80	62,8

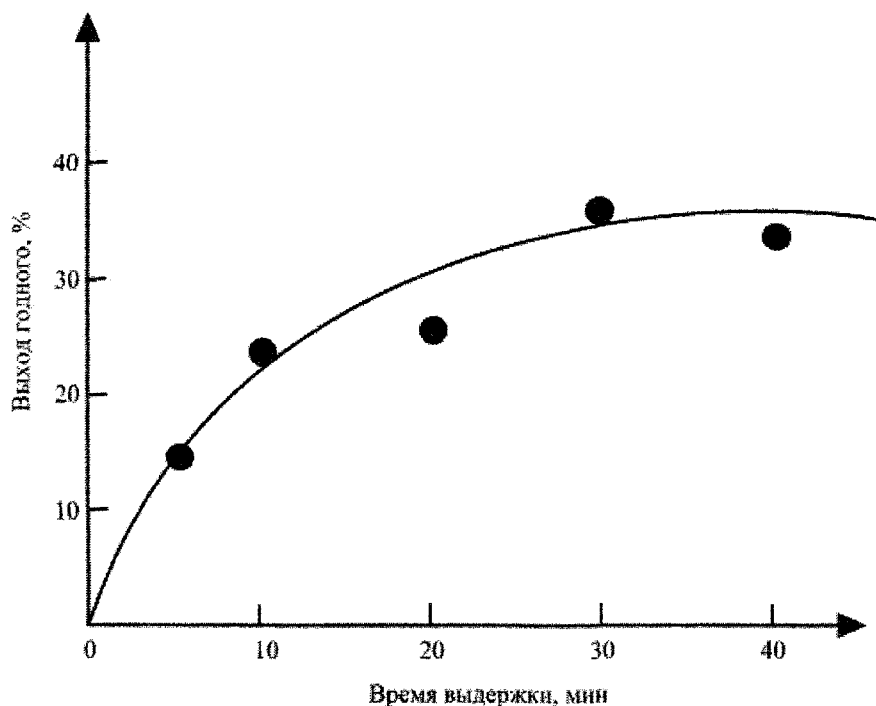


Рис. 2. Зависимость выхода годного металла от времени выдержки

Время восстановления от плавки к плавке увеличивали на 10 мин. Всего было проведено 10 плавок. Химический состав выплавленного металла некоторых из них представлен в таблице. Зависимость выхода годного от времени восстановления представлена на рис. 2.

Высокое содержание углерода в полученном металле можно объяснить его переходом в металлический расплав из графитового тигля.

В целом можно отметить высокую степень восстановления ряда компонентов из шлака, о чем свидетельствуют приведенные значения коэффициентов распределения элементов между металлом и шлаком: $L_{Cr}=5,83$; $L_{Mn}=1,17$; $L_{Ni}=12,37$; $L_{Fe}=14,31$.

Скорость изменения концентрации элементов была оценена с использованием уравнения химической кинетики вида

$$V = -\frac{dC}{dt} = \frac{k_C}{m} C^n, \quad (2)$$

где k_C – константа скорости процесса; C – концентрация оксида в расплаве; m – масса расплава; n – порядок реакции.

По результатам обработки экспериментальных данных были получены константы скорости процесса восстановления ряда оксидов: $k_{FeO} = 0,067$ кг/мин, $k_{Cr_2O_3} = 0,011$ кг/мин.

Выводы

1. Проведен термодинамический анализ устойчивости оксидных систем, моделирующих состав отвальных сталеплавильных шлаков в широком температурном интервале.
2. Разработана и в лабораторных условиях опробована технология утилизации шлаковых отходов, позволяющая получать из восстановленных шлаков до 35 % слабелегированной высокоуглеродистой шихтовой болванки.
3. Применительно к печи Таммана, на основе экспериментальных данных получены константы скорости восстановления оксидов металла.

Литература

1. Данилов, Е.В. Современная технология утилизации сталеплавильных шлаков / Е.В. Данилов // *Металлург.* - 2004. - №6. - С. 38-39.
2. Демин, Б.Л. Техногенные образования из металлургических шлаков как объект комплексной переработки / Б.Л. Демин, Ю.В. Сорокин, А.И. Зимин // *Сталь.* - 2001. - №11. - С. 99-102.
3. Схемы переработки металлургических шлаков / А.И. Гамей, В.В. Наумкин, Н.В. Сушинова и др. // *Сталь.* - 2007 - №2. - С. 144-145.