

**Изучение влияния типа и количества углеродсодержащего
восстановителя в брикете из пыли газоочистки электродуговой печи**

Студенты групп: 10403121 - Маршалковский Р. С., Пузынин Я. С.;
10403122 - Пугацевич М. В.; 10107221 - Мотыль А. В.
Научный руководитель - Урбанович Н. И.
Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является изучение влияния типа и количества углеродсодержащего восстановителя на показатели высокотемпературного восстановительного обжига брикетированной шихты, состоящей из пыли газоочистки электродуговой печи, твердого восстановителя и связующего.

Процесс высокотемпературного восстановления проводили с использованием углеродсодержащих материалов, доступных и используемых в промышленности, характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав углеродсодержащих восстановителей

Наименование показателя	Графит кристаллический, марка ГЛ-3 (ГОСТ 17818. 4 2)	Бой графита, марка С (электродный бой) ТУ 1911-109-73-2000	Отсев кокса
Содержание углерода	75	80	96
Зольность	25	20	9

В связи с тем, что расход твердого восстановителя, обеспечивающий максимальное извлечение паров цинка, в каждом конкретном случае варьируется в зависимости от вида сырья, мы выбрали расход твердого восстановителя в качестве заведомо обеспечивающего полноту возгонки цинка. Количество твердого восстановителя для пыли дуговых печей рассчитывали на 100 грамм пыли исходя из её химического анализа, который показал, что в ней находится, примерно ZnO – 39,37 %, FeO – 45,59 %, а остальное составляют оксиды кремния, кальция, калия, марганца.

Приблизительный расчет количества восстановителя осуществляли для следующих реакций:



$$n(\text{ZnO}) = 39,37/81,390 = 0,56 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{C}_1) = n(\text{ZnO})/2 = 0,28 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{FeO}) = 45,59/71,845 = 0,548 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{C}_2) = n(\text{FeO})/2 = 0,274 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{C}) = (n(\text{C}_1) + n(\text{C}_2)) * 12,011 = 6,654 \text{ (г)}$$

Следует учесть, что расчёт показан для идеальной модели, где реакция протекает в герметичном сосуде и железо в соединениях проявляет степень окисления +2. В реальном эксперименте реакционную среду покидает часть угарного газа (CO), образующегося в ходе процесса восстановления. Так же в смеси присутствует железо со степенью окисления +3. Эти два фактора указывают на то, что восстановитель должен браться в избытке.

Для активизации процесса восстановления оксидов в мелкодисперсных порошках металлосодержащих отходов необходим контакт восстановителя с оксидами, для чего следует применять восстановитель с развитой поверхностью. Поэтому перед вводом в состав шихты экспериментальных брикетов восстановитель, содержащий крупные частицы, перетирала в ступке. Для проведения исследований в качестве железосодержащих отходов использовали плавильную пыль электродуговых печей Жлобинского металлургического завода, в которой по результатам химического анализа $Fe_{общ}$ составило 30,26 %, Zn – 36,21 %. Количество таких элементов, как Si , K , Ca , Mn в виде оксидов не превышало 12 – 13 %.

Брикетирование осуществляли на гидравлическом прессе усилием 1000 кН, давление прессования составляло 210 МПа. Пресс-форма, состоящая из матрицы и пуансона, имела диаметр пуансона 42 мм. Шихту для прессования замешивали в пластмассовом стакане вместе с твердым восстановителем. Связующее в виде жидкого стекла вводили перед прессованием шихты. Брикет имел следующий состав (% масс.): плавильная пыль – 76; восстановитель – 15; связующее – 9. Таким образом, получили брикеты диаметром 42 мм, высотой 18 мм. Сушку брикетов после прессования проводили при температуре 130 °С.

Масса сухого брикета составила примерно 60 г. На рисунке 1 показан внешний вид брикета, полученного методом холодного прессования.



Рисунок 1 – Брикет из пылевидного отхода плавильной электродуговой печи, полученный методом холодного прессования

Таким образом, были изготовлены экспериментальные брикеты, имеющие в своем составе разные твердые углеродсодержащие восстановители.

Исследования восстанавливаемости брикетов проводили в лабораторной установке, состоящей из шамотного тигля, крышки, кварцевой трубки, вставленной в отверстие крышки. Крышка плотно прилегала к внутреннему диаметру тигля, а кварцевая трубка служила для выхода газообразных продуктов, выделяющихся в процессе восстановления компонентов в брикете.

Внутри тигля помещали брикет. Эксперимент проводили в силиковой печи, предварительно разогревая её до температуры 1150 °С. В шахту разогретой печи устанавливали тигель и в течение 30 минут выдерживали его в печи. Восстановление проходило в неизотермических условиях. В процессе выдержки брикета в печи наблюдали выделяющиеся газы. На рисунке 1 показан брикет после процесса восстановления в нем оксидов.



Рисунок 1 – Внешний вид брикета после восстановительного обжига

Следует отметить, что брикет после его обжига уменьшился по массе и объему. Масса его снизилась с 60 г до 30 г. На поверхности брикета визуально заметна его металлизация, т. е. наблюдается наличие металлических корольков. В таблице 2 представлены результаты химического состава восстановительного обжига брикетов с разными восстановителями.

Таблица 2 – Химический состав пыли после обжига брикетов

Вид восстановителя	Содержание Zn в обожженном брикете, %	Содержание Fe _{общ} в обожженном брикете, %
Графит	0,47	41
Электродный бой	0,42	43
Отсев кокса	0,38	44

Результаты химического состава брикетов после их обжига с разным восстановителем показали, что реакция восстановления цинка до газообразного состояния протекает с большей скоростью, чем у железа. Поэтому за показатель реакционной способности восстановителя было принято содержание цинка в спекшемся брикете.

Из таблицы видно, что после обжига наименьшее содержание цинка имеет брикет, в составе которого в качестве восстановителя находится отсев кокса. При этом следует отметить, что все известные углеродосодержащие восстановители проявили хорошую реакционную способность, но предпочтение можно отдать отсеvu кокса, так как он является отходом производства. Что касается восстановления железа, то, по-видимому, процесс его восстановления прошел не полностью, так как для этого необходимо больше времени (60 – 90 мин) или более высокие температуры.