

Характеристика продукта переработки железо и цинксодержащих пылевидных отходов при его переплаве

Корнеев С.В., Урбанович Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Одним из возможных способов использования продукта переработки (после отделения цинка) пыли газоочисток электродуговых печей является его переплав. Кроме того, восстановление и переплав в одном агрегате с получением товарного чугуна и оксида цинка является одним из вариантов такой переработки. Вместе с тем, учитывая нестабильный состав первичной пыли актуален вопрос экономичности такой переработки и, в частности определение такого параметра при плавке продукта как выход годного.

В качестве исходного состава принимаем пыль с содержанием ZnO, Fe₂O₃ и некоторое количество FeO и Fe_{мет}, остальные оксиды кальция, магния, марганца, алюминия и кремния.

Железо восстанавливается из оксида и переходит в готовую сталь, а остальные оксиды практически не восстанавливаются и переходят в шлак (другие соединения также для упрощения представляем инертными и переходящими в шлак). Для восстановления железа (как один из самых распространенных вариантов восстановителей) вводится дополнительный углерод в виде каменного угля с содержанием углерода 75-92% для расчета выберем содержание C = 80%.

Химическая формула реакции восстановления Zn из оксида: $ZnO + C \rightarrow Zn + CO$

Молярная масса ZnO: $M_{ZnO} = 65,38 + 15,999 = 81,38$ г/моль;

Диапазон изменения содержания цинка в пыли составляет от 10 до 35%, а оксида цинка соответственно от $10 \cdot 81,38 / 65,38 \dots 35 \cdot 81,38 / 65,38$ или 12,4..43,6 %

Масса ZnO в тонне пыли составит: $m_{ZnO} = m_{пыли} \cdot \%ZnO = 1000 \cdot (0,124 \dots 0,436) = 124 \dots 436$ кг. Масса восстановленного цинка: $m_{Zn} = m_{ZnO} \cdot M_{Zn} / M_{ZnO} = 100 \dots 350$ кг.

Химическая формула реакции восстановления Fe из оксида: $Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Fe + 3CO$

Молярная масса Fe₂O₃: $M_{Fe_2O_3} = 2 \cdot 55,845 + 3 \cdot 15,999 = 159,7$ г/моль;

Содержание оксидов железа в исходной пыли составляет от 27 до 50%

Количество Fe₂O₃: $m_{Fe_2O_3} = m_{пыли} \cdot \%Fe_2O_3 = 1000 \cdot (0,27 \dots 0,5) = 270 \dots 500$ кг.

Тогда масса Fe вносимого в сталь с пылью:

$m_{Fe} = 270 \dots 500 \cdot 111,69 / 159,7 = 188,8 \dots 350$ кг.

При температурах выше 800 °С восстановление оксидов железа происходит твердым углеродом, поэтому при вычислении количества углерода, необходимого для восстановления железа реакции восстановления с использованием CO не учитываем.

Количество углерода, которое понадобится на восстановление цинка:

$m_{C1} = 124 \dots 436 \cdot \frac{12}{81,38} = 18,28 \dots 64,29$ кг.

Молярная масса углерода: $M_C = 12$ г/моль .

Количество углерода, которое понадобится на восстановление железа:

$m_{C2} = 270 \dots 500 \cdot \frac{12 \cdot 3}{159,7} = 60,86 \dots 112,71$ кг.

Тогда, количество углерода на восстановление железа и цинка составит: 79,14..177 кг.

В каменном угле содержание углерода принято C = 80 %, остальное 20 % (влажгой и летучими соединениями пренебрегаем) будет составлять зола 3%, которая перейдет в шлак.

Количество угля требуемое для восстановления железа и цинка:

$(79,14 \dots 177) / 0,8 = 99 \dots 221,25$ кг.

Определено содержание железа в восстановленном железосодержащем продукте с учетом восстановленных и удаленных из материала соединений цинка, а также вносимой золы углеродистого восстановителя.

Массу золы угля перешедшую в перерабатываемый материал определяли по формуле (1)

$$m_{\text{зола}}^C = \left(\frac{\% \text{ZnO}}{100} \cdot 1000 \cdot \frac{M_C}{M_{\text{ZnO}}} + \frac{\% \text{Fe}_2\text{O}_3}{100} \cdot 1000 \cdot \frac{M_C}{M_{\text{Fe}_2\text{O}_3}} \right) \cdot \frac{\% 3}{100}, \quad (1)$$

Масса материала после полного удаления цинка, с учетом внесенной золы восстановителя

$$m_{\text{мат}}^{\text{осм}} = 1000 - \frac{\% \text{ZnO}}{100} \cdot 1000 + m_{\text{зола}}^C, \quad (2)$$

Содержание железа в восстановленном продукте можно определить по формуле

$$\% \text{Fe} = \frac{m_{\text{Fe}}}{m_{\text{мат}}^{\text{осм}} - (m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} - m_{\text{Fe}})} \cdot 100 = \frac{m_{\text{Fe}}}{1000 - \frac{\% \text{ZnO}}{100} \cdot 1000 + m_{\text{зола}}^C - (m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} - m_{\text{Fe}})} \cdot 100, \quad (3)$$

Зависимость содержания железа в восстановленном продукте из железо- и цинксодержащей пыли систем газоочистки металлургических печей при различном содержании оксидов железа и цинка в пыли представлена на рисунке 1.

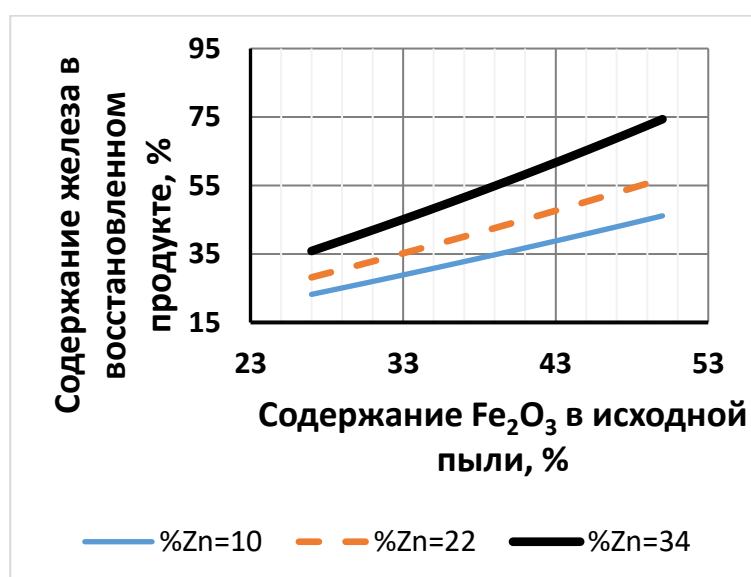


Рисунок 1 – Содержание железа в восстановленном продукте из железо- и цинксодержащей пыли систем газоочистки металлургических печей при различном содержании оксидов железа и цинка в пыли

Ценность пылевидных отходов как полупродукта для шихтового материала возрастает как с увеличением содержания оксида цинка, так и с увеличением содержания оксидов железа.

Далее было исследовано влияние количества, подаваемого в плавильные печи материала на выход годного металла и количество образующегося шлака при плавке восстановленного материала при различной доле материала (D) подаваемого в завалку с шихтой.

Учитывая представленный на рисунке 1 диапазон изменения содержания железа $\% \text{Fe}$ в восстановленном продукте выход годного K_{22} при добавлении переработанного материала в качестве составляющей шихты определяли по формуле (4)

$$K_{22} = \frac{1000 \cdot K_{21} \cdot (1 - D) + 1000 \cdot \frac{\% \text{Fe}}{100} \cdot D}{1000}, \quad (4)$$

Выход годного при использовании традиционной металлошихты без добавок K_{21} принимали на уровне 0,9.

Пример результатов расчета представлен на рисунке 2.

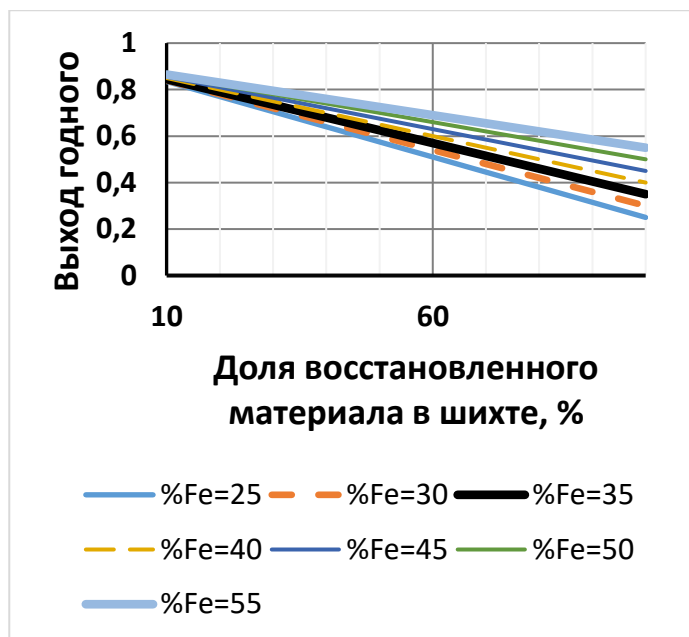


Рисунок 2 – Зависимость выхода годного металла от доли восстановленного материала в шихте при различном процентном содержании железа в переработанном продукте из пыли газоочистки

Пренебрегая процессами восстановления марганца (в условиях восстановления продукта и последующей плавки возможно его частичное восстановление), получаем, что количество шлака получаемое в процессе плавки материала из переработанной пыли равно $m_{\text{шл}} = 1000 - 1000 \cdot \%Fe / 100$ кг на 1 тонну переработанного восстановленного материала.