

# PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SLAG MELTS IN MELTING FURNACES

Mirzajonova S.B., Bohodirova N.K., Toxtamurodov F.B.

**Abstract:** The article examines the physicochemical properties of slag formed in melting furnaces and methods for the reduction of magnetite in slag formed in solution.

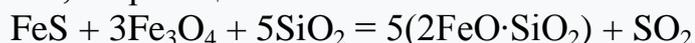
## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЛАКОВЫХ РАСПЛАВОВ В ПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ

Мирзажонова С.Б., Боходирова Н.К., Тухтамуродов Ф.Б.

**Аннотация:** В статье исследуются физико-химические свойства шлака, образующегося в плавильных печах, и способы восстановления магнетита в шлаке, образующемся в растворе.

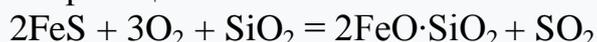
Образования шлака и штейна в пирометаллургических процессах является очень важным. Роль шлаковых расплавов в цветной металлургии очень велика. На комбинате в качестве плавильных агрегатов работают две печи: отражательная и кислородно-факельная печь. Основной целью плавки медных концентратов в этих агрегатах является расплавления шихты с получением двух жидких продуктов – шлака и штейна. При этом есть задача как можно перевести в штейн медь и других ценных элементов, и железу ошлаковать.

При отражательной плавке концентратов основными химическими процессами являются разложение высших сульфидов и взаимодействие сульфидов железа с магнетитом, поступающим в печь обработанным конвертерным шлаком, по реакции

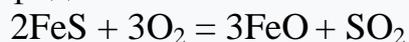


Суммарная десульфуризация в этом случае обычно составляет 45 – 55 %. Кислородно-факельная печь является автогенным.

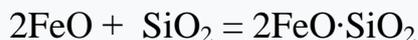
Автогенная плавка является окислительным процессом. При её осуществлении степень десульфуризации можно изменять в широких пределах, изменяя соотношение между загруженного материала. В основе кислородно-факельной плавки сульфидных медных концентратов лежит следующая суммарная реакция:



Эта экзотермическая реакция протекает в две стадии. Сначала проходит окисление сульфида железа:



образовавшиеся оксид железа ошлаковывается кварцевым флюсом:



При окислении сульфидных минералов переокисление железа переходит до магнетита:



В процессе плавки сульфидных медных концентратов получают три вида продукта: штейн, шлак, газы и пыль.

Важнейшими окислами шлаков цветной металлургии являются  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ , кроме этих оксидных соединений есть окислы щелочных металлов  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{MnO}$ . Содержание этих оксидных компонентов в шлаках может изменить физико-химические свойства металлургических расплавов. Выход шлаков при плавке должен быть минимальным, т.к. увеличение выхода шлака влечет за собой повышение энергетических затрат, потерь металлов со шлаком, расхода флюсов.

Шлак должен иметь определенную температуру плавления, жидкотекучесть, электропроводность, поверхностное натяжение и низкую плотность. Выбор оптимального состава шлака один из важнейших показателей повышения извлечения [1].

Растворимость цветных металлов в шлаке нужно быть минимальной, а межфазное натяжение на границе штейн-шлак по возможности более высокий. Шлаки имеют ионные взаимные расплавы силикатов и окислов. В шлаках железистые шлаки содержащие 45-55 %  $\text{FeO}$  и 20-30 %  $\text{SiO}_2$ , имеют наименьшую вязкость и температура плавления 1150-1200 °С, при таких процентных содержаниях вязкость шлаков составляет до 10 Пуаз, если процентное содержание железистых шлаков снизиться до 18-25 %  $\text{FeO}$  и повышение  $\text{SiO}_2$  до 44 %, то для расплавления этих шлаковых соединений нам требуется 1350 °С. С увеличением процентное содержание кремнезема в шлаках увеличивает вязкость шлаковых расплавов и производительность в печах заметно снижается.

Шлаки с высокой концентрацией окислов железа растворяют большое количество цветных металлов. Это приводит к повышенным потерям цветных металлов. С ростом содержания окислов железа увеличиваются потери меди, можно избежать, если его восстанавливают до  $\text{Fe}^{3+}$  в растворах с использованием восстановителей.

Шлак должен быть достаточно легкоплавким жидкотекучим и иметь низкую плотность. Растворимость цветных металлов в шлаке должна быть минимальной, а межфазное натяжения на границу шлак, штейн, наоборот, по возможность и более высоким. Причем выход шлака должен быть сведен к минимуму [2].

Рассмотрим факторы, способствующие осаждению капель жидкого штейна или металла в донную фазу. Согласно уравнения Стокса:

$$v = \frac{2}{9} \frac{r^2 (\rho_1 - \rho_2) g}{\eta}$$

ускорению осаждения капель штейна должно способствовать:

По формуле Стокса если сопоставлять плотность штейна  $6,4 \text{ г/см}^3$ , вязкость шлакового расплава  $3,3$  пуаз, то на основании формулы можно подсчитать скорость и время осаждения капель, и

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho_s - \rho_f) \cdot g \cdot r^2}{\eta} = \frac{2}{9} \cdot \frac{(6,4 - 3,3) \cdot 9,8 \cdot 0,01^2}{0,33} = 0,679 \text{ см/сек.}$$

1) Глубина шлаковой ванны  $50 \text{ см}$ , определяем скорость осаждения капель

$$\tau = \frac{H}{v} = \frac{50}{0,679} = 73,63 \text{ с} \approx 74 \text{ с} = 1 \text{ мин } 14 \text{ с.}$$

Использование последнего фактора особенно эффективно, так как радиус частицы входит в формулу в квадрате. Однако, скорость коалесценции штейновых капель в шлаковых расплавах при отсутствии перемешивания или другого воздействия невелика [3].

Среди причин, затрудняющих процесс слияния капель в расплавах, отметим следующие:

1. На поверхности капель штейна или металла, взвешенных в шлаке, имеются электрические заряды одного и того же знака. Наличие двойного электрического слоя поверхности капель, препятствует сближению частиц на такое расстояние, где преобладающее действие оказывают силы притяжения.

2. Концентрация дисперсной фазы в системе шлак-штейн относительно невелика. Поэтому частота встреч между отдельными каплями мала.

3. Основная масса штейновых или металлических капель, эмульгированных в шлаке, незначительно различается по крупности  $10 - 100 \text{ мкм}$ . В результате скорость движения этих капель в поле тяготения друг относительно друга невелика. Поэтому количество столкновений ограничено.

4. Адсорбционные слои, расположенные на между фазной границе шлак-штейн отличаются по своим физическим свойствам от массы расплава. Адсорбционные слои шлака характеризуются повышенной вязкостью, упругость и механической прочностью, что также затрудняет процесс коалесценции.

## Литературы

1. Юсупходжаев А.А., Худояров С.Р., Мирзажонова С.Б. «Механизм образования расплавов при плавке сульфидных медных

концентратов в отражательной печи» «Горный вестник Узбекистана - 2». 2014 г. с.106 – 109.

2. A.A.Yusupkhodjayev, Sh.T.Khojiev, S.B. Mirzajonova. Usage of reducing – sulfidizing agent sin copper-bearing slags depletion. Сборник статей Международной научно-практической конференции «Управление социально-экономическими системами: «Теория, методология, практика», состоявшейся 15 июня 2017 г. в г.Пенза.// МЦНС «Наука и Просвещение», г.Пенза, 2017, Часть 1, № 190. с. 19 – 21.
3. Мирсоатов Б.У., Мирзажонова С.Б. «Способы предотвращения механических потерь металла со шлаком из плавильных печей» «Техника юлдузлари-1». Ташкент. 2021 г. 271-276 стр.