

УДК 669.3.0.46.4

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВА ШЛАКОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

Юсупходжаев Анвар Абдуллаевич,

д.т.н., профессор

Кафедра Metallургия, “Ташкентский Государственный Технический

Университет имени Ислама Каримова”

Хожиев Шохрух Тошпулатович,

ассистент

Кафедра Metallургия, “Ташкентский Государственный Технический

Университет имени Ислама Каримова”

Исмаилов Жонибек Бахадирович

магистрант

Кафедра Metallургия, “Ташкентский Государственный Технический

Университет имени Ислама Каримова”

Аннотация: В статье рассмотрены закономерности расплавленных шлаков в плавильных печах медного производства. Для проведения этого исследования изучены различные свойства шлаков медеплавильных заводов. Полученные результаты показывает, что использование данной закономерности в промышленности меди позволит повысить их производительность.

Ключевые слова: шлак, свойства, плотность, вязкость, состав, плавкость.

STUDYING OF PROPERTIES OF SLAGS OF COPPER SMELTING PLANTS

Yusupkhodjaev Anvar Abdullaevich,

Khojiev Shokhrukh Toshpulatovich,

Ismailov Jonibek Bakhadirovich

Abstract. The law of the melting slags in smelting furnace has been shown in this article. For making research it has been studied different properties of slags of

copper smelting plants. All of the taken results show that using to information about properties of slags, implementing this research on an industrial scale it will increase the coefficient of productivity of copper producing plants.

Keywords: *slag, property, density, viscosity, content, melting.*

Введение. На металлургических заводах получают главным образом три вида шлаков: рудной плавки, конверторные, рафинировочные. Шлаки рудной плавки выводятся из цикла металлургического производства в отвал, используются для производства шлаковых изделий (вата, шлако-ватные теплоизоляционные плиты, шлако-цементные блоки, литые блоки), иногда направляются на доработку для извлечения металлов-спутников, например цинка, свинца, редких металлов, фьюмингованием, вельцеванием или электротермией. Конверторные и рафинировочные шлаки направляют в оборот или на специальную переработку для извлечения основного металла и его спутников. Ниже приведены основные данные о шлаках, в основном рудной плавки.

Состав шлаков. На 70–90% шлаки состоят из закиси железа (FeO), магнетита (Fe_3O_4), кремнезема (SiO_2) и окиси кальция (CaO). Почти всегда в шлаках присутствует до 8–12% Al_2O_3 . Для шлаков свинцово плавильных заводов характерно высокое содержание окиси цинка (до 30%, обычно 5–25%). Для шлаков никелевых заводов типично повышенное содержание (до 25%) окиси магния (часто 8–20%). Содержание основных окислов в шлаках колеблется в следующих пределах: 18–58% SiO_2 , 18–55% FeO , 4–30% CaO . Шлаки другого состава встречаются значительно реже. В шлаках обычно, содержится 1–2% S (в шлаках свинцовоплавильных заводов до 4%).

Шлаки представляют собой ионные взаимные растворы (расплавы) силикатов и окислов. Они, как правило, не имеют определенной точки плавления, а расплавляются постепенно в интервале 100–300 °C с длительным периодом размягчения. Первые признаки появления жидкости (частичного расплавления) наблюдаются у самых легкоплавких шлаков при

1000–1050 °С, полное расплавление наступает при 1150–1300 °С. Частично расплавленная (гетерогенная) система имеет повышенную вязкость [1, с. 18].

Плавокость шлаков. Наиболее легкоплавки железистые шлаки (около 50% FeO), содержащие 4–8% CaO и столько же ZnO и Al₂O₃. Эти шлаки легко вытекают из печей при 1150–1200 °С. Кремнеземистые (52–56% SiO₂) шлаки становятся жидкотекучими при 1450–1550 °С. Известны случаи работы на высококремнистых шлаках при 1300–1350 °С, но с неудовлетворительными технологическими показателями (в основном низкая производительность). Тугоплавки и магнезиальные (15–25% MgO) шлаки. Их полное расплавление происходит примерно при 1350–1400 °С.

Плотность шлаков. Основные составляющие шлак окислы имеют следующие плотности: FeO и ZnO от 5,6 до 5,8, MgO и CaO от 3,2 до 3,4, SiO₂ 2,6, Al₂O₃ –4,0. При нагревании до расплавления плотность FeO снижается до 4,4, SiO₂–до 2,2. Плотность MgO и CaO почти не меняется. Для ориентировочных расчетов плотность шлаков можно определить как средневзвешенную для смеси. Но вследствие образования в шлаке химических соединений этот способ расчета не дает точных результатов. Поэтому проф. Н.П. Диев предложил следующую эмпирическую, формулу:

$$d=(2,2SiO_2+3,3CaO+5,2FeO+2,3Al_2O_3)/100$$

Здесь под символами SiO₂, FeO и др. подразумевается процентное содержание этих окислов в шлаке [2, с. 45].

Плотность обычных жидких шлаков 2,8–3,4. При перегреве она снижается примерно на 0,2 на каждые 100°С.

Вязкость шлаков. Вязкость измеряют в пузах (П). Для лучшего представления об этой единице приведем вязкости часто встречающихся жидкостей при 20°С: для воды 0,01; для серной кислоты 0,2; для масла растительного и нефти 1–3; для мазута 5–7 и т. д.

Наилучшие результаты по производительности печи и расходу топлива (электроэнергии) достигаются при работе со шлаками, вязкость которых составляет 5–30 П (железистые шлаки).

Шлаки с вязкостью менее 0,5–1,0 П встречаются редко. Можно работать на шлаках с вязкостью до 250–300 П (кремнистые), но при этом значительно ухудшаются технологические показатели. Видимо, не следует выбирать режимы работы, при которых получают шлаки, с вязкостью более 70 П. Вязкость сильно зависит от температуры плавки и состава шлака. С повышением температуры до 1200–1400⁰С вязкость изменяется в 10 и даже 100 раз. Резко изменяют вязкость при нагревании магнезиальные (15–25% MgO) шлаки. Наименее вязки железистые шлаки. При содержании 45–55% FeO и 20–30% SiO₂ их вязкость равна при 1150–1200⁰С 1–10 П. При снижении содержания FeO до 18–25% и повышении содержания SiO₂ до 40–44% следует повышать температуру до 1300–1350⁰С, чтобы получить шлак с вязкостью 10–20 П.

При содержании SiO₂ около 55±3,0% шлаки при 1300⁰С имеют вязкость 200–300 П. Нагрев таких шлаков до 1400–1450⁰С (в электропечах) снижает вязкость до 10–70 П и допускает интенсивную работу. Если не предусмотрен нагрев шлака выше 1300–1325⁰С, то не следует допускать повышения содержания в нем CaO > 22–24%, MgO > 10%, Al₂O₃ > 10%. При содержании в шлаке более 42–44% SiO₂ следует обогащать дутье кислородом (шахтные и отражательные печи) или применять электроплавку. Без обогащения дутья кислородом производительность шахтных и отражательных печей заметно снижается.

Электропроводность шлаков. Это свойство шлака приобрело большое значение в связи с развитием электротермии. От электропроводности шлака зависит режим работы электропечи. При электропроводном шлаке, печь рудной плавки работает на большой силе тока (40–50 кА) и сравнительно низком напряжении (250–400 В). Electroды заглублены в шлак на 400–500 мм. Если же шлак имеет низкую электропроводность, то напряжение должно составлять 500–700 В при силе тока 25–30 кА и заглублении электродов 600–700 мм. Второй режим предпочтительнее.

Для реальных шлаков электропроводность колеблется в пределах 0,05–5,0 Ом⁻¹см⁻¹.

Наблюдается значительная зависимость электропроводности от температуры. В интервале 1200–1400⁰С она часто увеличивается в 4–5 раз. При 1100⁰С электропроводность реальных шлаков тройной системы FeO–SiO₂–CaO составляет примерно 100 Ом⁻¹см⁻¹.

Типичные шлаки этой системы, содержащие по 40% FeO и SiO₂ и около 15% CaO, имеют при 1300⁰С электропроводность около 2 Ом⁻¹см⁻¹.

Наиболее электропроводны при 1350⁰С шлаки, содержащие 50–55% FeO (3–5 Ом⁻¹см⁻¹). Шлаки с высоким содержанием SiO₂ (50–55%) имеют при 1350⁰С электропроводность 0,2–0,3 Ом⁻¹см⁻¹, т.е. в 15–20 раз меньшую, чем железистые. Замена FeO (от 70 до 30%) на CaO (от 0 до 40%) при постоянном содержании SiO₂ (30%) снижает электропроводность с 4–4,5 до 0,8–0,9 Ом⁻¹см⁻¹, т.е. примерно в 5 раз. Аналогично действует MgO. Замена FeO на ZnO мало сказывается на электропроводности. Глинозем снижает электропроводность шлака примерно как кремнезем. Поэтому допускается суммирование содержаний FeO и ZnO (считают за FeO) и SiO₂ с Al₂O₃ (считают за SiO₂). Ниже приведена электропроводность заводских шлаков при 1350⁰С, Ом⁻¹см⁻¹.

Свинцово плавильных заводов	2,5–3,0
Медеплавильных	0,5–0,8
Медно-никелевых комбинатов	0,25–0,32

Таким образом, наибольшее влияние на электропроводность оказывают FeO и SiO₂.

Литература:

1. Гудима Н.В. Технологические расчеты в металлургии тяжелых цветных металлов. –М.: Металлургиздат, 1977. 252 с.
2. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29075822>