

FAN, JAMIYAT VA INNOVATSIYALAR

2024

- Filologiya fanlari
- Pedagogika fanlari
- Ijtimoiy-gumanitar fanlar
- Aniq fanlar
- Tabiiy fanlar
- Iqtisod fanlari
- Psixologiya fanlari
- San'at va madaniyat fanlari
- Tibbiyot fanlari
- Texnika fanlari

OJS / PKP

ISSN

INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER

ISSN 2992-9059



www.michascience.com





ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ОБЕДНЕНИЯ БОГАТЫХ МЕДЬЮ ШЛАКОВ

Хидиров. Ш. У.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва

khidirov.shukrullo@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается технология переработки шлаков, богатых медью. Химический и минералогический состав шлака был изучен с помощью рентгенофлуоресцентной спектроскопии, атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и высокоскоростной системы анализа минералов. Было выявлено, что наиболее перспективным направлением дальнейших исследований по обеднению шлака является использование чугуна в качестве восстановителя. Основным критерием выбора данного восстановителя являются наилучшие результаты в лабораторных условиях с достижением остаточного содержания меди в шлаке на уровне 0,64-0,98 %.

Ключевые слова: шлак, восстановитель, чугун, шунгит, клинкер, пирометаллургический метод, обеднение, плавка, сульфидный концентрат.

Abstract. The article discusses the technology of processing copper-rich slags. The chemical and mineralogical composition of the slag was studied using X-ray fluorescence spectroscopy, inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and a high-speed mineral analysis system. It was revealed that the most promising direction for further research on slag grinding is the use of cast iron as a reducing agent. The main criterion for choosing this reducing agent is the best results in laboratory conditions with the achievement of a residual copper content in the slag at the level of 0.64-0.98 %.

Keywords: slag, reducing agent, cast iron, shungite, clinker, pyrometallurgical method, fusion, sulfide concentrate.

Учитывая фактическое состояние отрасли, выпуск меди с плавильных заводов осуществляется в основном через шлаки и, в частности, плавильные шлаки. Основываясь на последней информации, производство первичной меди с помощью пирометаллургии составляет порядка 11 млн тонн в год, и, согласно оценкам, оно увеличивается со скоростью 4,6% в год. Исходя из этих цифр, выплавка шлаков на мировом уровне может быть оценена в порядок 11 млн тонн в год. Кроме того, предполагая, что консервативное среднее содержание меди в них составляет 2%, мы получаем 240 000 тонн эквивалентной мелкодисперсной меди, аналогично производству плавильного завода среднего размера. Таким образом, переработка шлаков является обязательной, чтобы справиться с восстановлением металлургии и производственными затратами.

Чтобы сократить выбросы в атмосферу и сократить цикл переработки, большинство

промышленных процессов, а также новых, направлены на производство высококачественного штейна. Однако увеличение кислородного потенциала, требуемого этими процессами, приводит к образованию высокоокисленных шлаков со значительным содержанием меди, которые требуют их обработки для извлечения меди. Несмотря на то, что давно зарекомендовавшие себя процессы очистки шлака достаточно хорошо работают для шламов в диапазоне 1,5 - 2,5% меди, т.е. сосуществующего штейна с содержанием меди порядка 60%, их необходимо пересмотреть при применении к шлакам, уравнивающим высокие марки штейна и / или белого металла.

В процессе очистки печи, в дополнение к минимальному слою шлака, повышенной температуре и продолжительности оттаивания, используются улучшенные методы

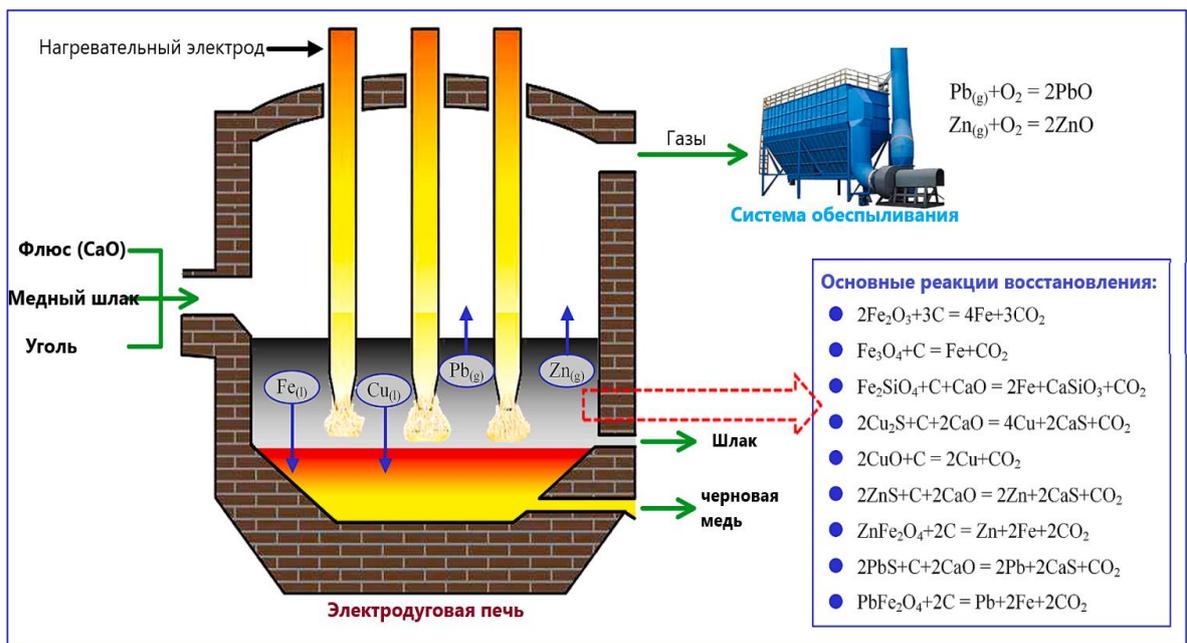


Рисунок 1 - Технологическая схема восстановления плавки в электродуговой печи

Методы обеднения медеплавильных шлаков может быть разделена на различные типы, такие как традиционный процесс (например, электропечное и флотационное) и современные процессы. Причем существует два способа ведения процесса электропечного обеднения: без и с добавлением восстановителя [1-2]. В первом случае обеднение происходит за счет снижения количества механических потерь путём отстаивания, во втором – механических и химических за счет подачи восстановительного агента (угля, кокса и т. д. В процессе восстановительной плавки оксиды и сульфиды металлов в медном шлаке обычно можно восстановить до соответствующих металлов путем добавления восстановителя и флюса в расплав, тогда как пустая порода образует вторичный шлак. Большая часть восстановленного цинка и свинца, которые имеют более высокое давление насыщенных паров, обычно испаряются в пылевую фракцию с восходящим потоком газа, это наблюдается при химическом анализе

обедненного шлака. Восстановленные железо и медь, растворяясь друг в друге, образуют расплав [3-4].

В статье представлены результаты лабораторных исследований по обеднению медеплавильного шлака. В исследованиях использовались образцы шлака, наплавленного в ходе экспериментов по прямой плавке концентрата на черновую медь. Основной задачей исследований было определение оптимальных режимов обеднения шлаков после прямой плавки концентрата на черновую медь. Основными компонентами являются SiO₂, Al₂O₃, Cu₂O и Fe₂O₃.

Установка лабораторного исследования представляет собой комплекс, состоящий из газового стенда (Ar, O₂) с возможностью контроля расхода газов и высокотемпературной печи сопротивления с хромит-лантановыми нагревательными элементами, теплоизолированной шамотным кирпичом с объемом камеры 0,016 м².



расплавление навески (10 мин). После расплавления добавили восстановитель;

4. Холостая продувка. После расплавления материала проводили холостую продувку шлака. Такой прием необходим для обеспечения гомогенизации шлака, а также для восстановления шлака (восстановитель уже присутствует в навеске);

5. Отстаивание, выгрузка. После завершения барботажа отстаивали в печи в течение 25 мин в атмосфере аргона, но без барботажа.

Продукты, получаемые в результате восстановительно обработки шлаки и штейны, извлекали из охлажденного тигля с последующим измельчением и передачей на рентгенофлуоресцентный анализ.

Для лабораторных исследований использовался богатый шлак, который по составу ближе к конвертерному шлаку.

Медный шлак в основном образуется на стадиях выплавки штейна и последующей продувки медного штейна; поэтому химический состав образцов медного шлака значительно варьируется (таблица 1), на

который влияет тип процесса плавки, выплавляемые руды, флюсы и добавки, добавляемые во время пирометаллургического процесса. Почти все медные шлаки содержат значительное количество Cu (0,5%–2,7%) и Fe (31,7%–40,3%), что соответствует или даже превышает содержание некоторых обычных рудников Cu и Fe. Качество меди, получаемой из конвертерного шлака (шлак 3), обычно выше, чем у других медных шлаков, из-за сырья, т. е. медного штейна, добавляемого в конвертер для продувки, содержащего медь более высокого качества. Кроме того, некоторые шлаки содержат Zn, Ni и/или Co в количествах, достойных переработки. Из-за сложного залегания этих элементов экономическая и экологическая обработка различных категорий медного шлака должна рассматриваться как можно более комплексно

Исходный шлак представляет собой стекловидный материал черного цвета.

В таблице 1 представлены результаты элементного анализа состава исходного шлака.

Таблица 1 - Результаты элементного анализа состава исходного шлака.

Элемент	Содержание, %
Cu	4,2
Zn	2,18
Pb	1,07
Fe	42,98
S	1,18
SiO ₂	24,95
CaO	0,65
Al ₂ O ₃	1,79
Прочие	21,00
Итого	100,00

Согласно рентгенофазовому анализу, шлак в основном состоит из выделений шпинели (магнетита с включениями меди, цинка и алюминия), фаялита и аморфной (стекловидной) фазы. Более подробно фазовые составы были изучены при изучении микрофотографий шлаков с помощью микронзондового анализа.

Исходя из полученных данных, можно отметить, что конвертерный шлак содержит

как механически уносимые крупные частицы штейна, так и мелкодисперсные металлизированные включения меди, выделяющиеся при кристаллизации конвертерного шлака и содержащие железо и сурьму.

В исследуемом образце медь присутствует в виде насыщенного штейна (точки 1, 2 и 3) размером 50-80 мкм. Также медь в виде мелких включений размером 5-10



Общее извлечение меди в сплав и в штейн составляло от 40,35 до 64,78%.

На рисунке 4 показан график зависимости содержания меди в обедненном шлаке от времени взаимодействия шлака с шунгитом

По результатам экспериментов с использованием чугуна было выявлено, что при восстановлении шлаков чугуном расплава было отмечено, что наилучший результат достигается при расходе восстановителя в размере 7,5% от массы шлака. Снижение расхода чугуна до 5% не позволяет достичь требуемых показателей по содержанию меди в шлаке. Общее извлечение меди в сплав и в штейн составляло от 68,75 до 77,53%.

На рисунке 5 показан график зависимости содержания меди в обедненном шлаке от времени взаимодействия шлака с чугуном

При восстановлении шлаков чугуном было отмечено, что наилучший результат достигается при расходе восстановителя в размере 7% от массы шлака. Снижение расхода чугуна до 5% не позволяет достичь требуемых показателей по содержанию меди в шлаке, остаточное содержание меди составляет 0,64%.

На рисунке 4 показан график зависимости содержания меди в обедненном шлаке от времени взаимодействия шлака с чугуном

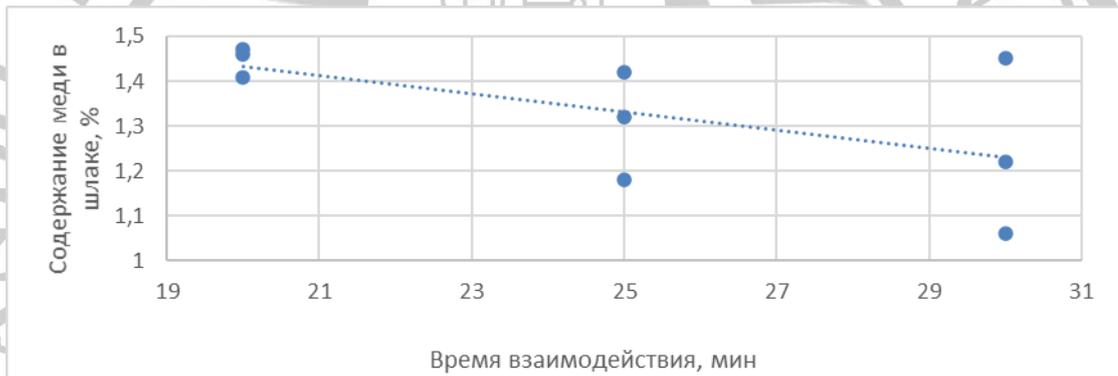


Рисунок 3 - Зависимость содержания меди в шлаке от времени взаимодействия шлака с клинкером

По графику видно, что в 20-25 минут содержание обедненного шлака с содержанием меди составляет 1,17-1,45 %

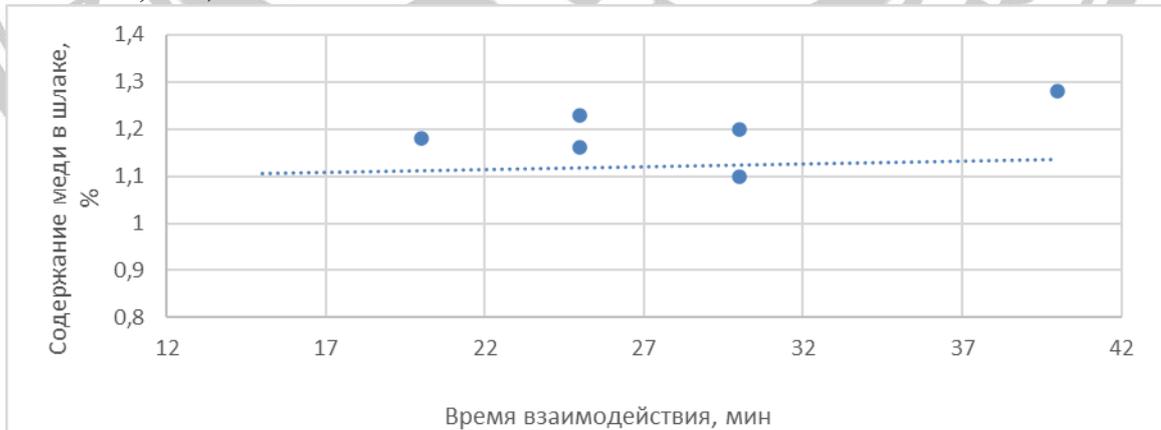


Рисунок 4 - Зависимость содержания меди в шлаке от времени взаимодействия шлака с шунгитом

По графику видно, что в 30 минут содержание обедненного шлака с содержанием меди составляет 1,1 %



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Flores G. R. F. A. et al. Sulfide Smelting: Thirty-Five Years of Continuous Efforts to Find New Value Adding Solutions // Extraction 2018: Proceedings of the First Global Conference on Extractive Metallurgy. – 2018. – P. 39.
- 2 Hidayat T., Hayes P. C., Jak E. Characterisation of the Effect of Al₂O₃ on the Liquidus Temperatures of Copper Cleaning Furnace Slags Using Experimental and Modelling Approach // Materials transactions. – 2019. – V. 60. – №. 7. – P. 1377-1383.
- 3 Bonnin M., Azzaro-Pantel C., Domenech S. Optimization of natural resource management: Application to French copper cycle // Journal of cleaner production. – 2019. – V. 223. – P. 252-269.
- 4 Звонцов Н. О. Обоснование выбора способа плавки медных концентратов: магистерская диссертация. – Екатеринбург, 2018.
- 5 Ванюков, А.В., Уткин, Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. – Челябинск: Metallurgy, Челябинское отделение, 1988. – 432 с.
- 6 Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов: учеб. пособие для вузов. – М.: Metallurgy, 1988. – 288 с.

