

// Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. – 1983. – Т. 22, № 3. – С. 532–538.

18. Sedran U. - Modelling methanol conversion to hydrocarbons: alternative kinetic models // Chemical Engineering Journal. – 1990. – Т. 45. – С. 33–42.

19. Keil J. Frerich - Methanol-to-hydrocarbons process technology // Microporous and Mesoporous Materials. – 1999. – Т. 29. – С. 49–66.

УДК 669.333:669.054.8

С.С. Муталибхонов, ст. преп. кафедры «Металлургия»;
Ш.Т. Хожиев, Ph.D, доц. кафедры «Металлургия»;
Ш.Б. Каршибоев, Ph.D, зав. кафедрой «Металлургия»;
И.И. Шайманов, докторант кафедры «Металлургия»;
(АФ ТГТУ, г. Алмалык, Узбекистан)

ПЕРЕРАБОТКА МЕДНЫХ ШЛАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРООКСИДА НАТРИЯ

Существующие запасы меди, находящиеся в эксплуатации, можно считать законной частью мировых запасов меди. При надлежащем управлении переработка отходов может привести к увеличению использования ресурсов и минимизации энергопотребления, выбросов и утилизации отходов. Замыкание металлических цепей за счет более широкого повторного использования и рециркуляции повышает общую производительность ресурсов. Исследование переработки шлаков медного производства имеет важное значение по нескольким причинам. Шлаки медного производства содержат множество токсичных веществ, таких как тяжёлые металлы (например, кадмий, свинец, цинк), а также соединения серы и хлора. Их накопление и неправильная утилизация могут привести к загрязнению окружающей среды, включая водоемы и почву. Шлаки содержат значительное количество меди и других полезных металлов, которые могут быть извлечены с использованием современных технологий переработки.

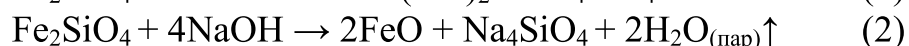
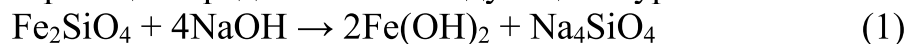
Множество ученых и исследователей разработали технологии переработки шлаков медного производства. Китайскими учеными предложено двухстадиальное выщелачивание аммиачным раствором, осуществляемое в системе серной кислоты и перекиси водорода. Применение статистических и математических методов к процессу выщелачивания дополнительно поможет в оптимизации параметров выщелачивания меди [1–2]. С помощью трехстадийного пирометаллургического процесса из медного шлака были получены высококачественные стальные шары для измельчения и пропанты [3]. Ученые из Индии предлагают производство щелочно-активированного медно-шлакового цемента методом низкотемпературного обжига гидрадаци-

онно- и рентгено-порошковую дифракцию [4]. Медный шлак в смеси с Na_2SO_4 , Na_2CO_3 и углем подвергается сульфатирующему обжигу при температуре 600–800°C, затем шлак обрабатывается содо-щелочной избирательной экстракцией, и в конечном итоге получается товарная продукция [5].

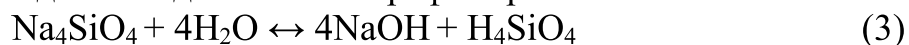
Подготовка восстановительно-сульфидирующей композиции: как восстановительное вещество использованы цинковые шлаки производства, а в качестве сульфидирующего вещества – отходы, содержащие пирит [6]. Разработан метод добавки резиновых отходов при сливе шлака конвертерного в ковш, с целью интенсивного барботажа в нём для восстановления магнетита [7].

Шлаки содержат множество различных компонентов, включая металлы, оксиды, сульфиды, силикаты, в том числе токсичные вещества. Это делает их химически сложными для обработки и требует применения специализированных технологий. Для извлечения меди и других металлов часто требуются высокие температуры (до 1000–1200°C), что увеличивает энергетические затраты и износ оборудования. Шлаки могут содержать опасные вещества, такие как свинец, кадмий, ртуть и другие тяжёлые металлы, которые могут загрязнять окружающую среду при неправильной переработке.

Авторами предлагается технология переработки шлаков с использованием гидрооксида натрия. В процессе переработки фаялит в составе шлака разрушается и образуется силикат натрия. Протекающие химические реакции представлены следующими уравнениями:



Затем силикат натрия подвергается к выщелачиванию. В результате из кека, не перешедшего в раствор при выщелачивании, извлекается медь по отдельной схеме. Полученный металл может быть передан в анодное отделение для огневого рафинирования.



Анализ литературы показывает, что предлагаемый метод имеет ряд определённых преимуществ по сравнению с другими технологиями.

Эффективность технологии: предложенная методика переработки шлаков медного производства позволяет достичь высокоэффективного извлечения меди, которое может составлять до 99%, что значительно превосходит традиционные флотационные методы, где извлечение меди составляет лишь около 60%.

Экономическая целесообразность метода, его простота и дешевизна делают его привлекательным для широкого внедрения в промышленность.

Экологические преимущества данного подхода также значительны – процессы не связаны с выбросом токсичных отходов в атмосферу, что способствует снижению загрязнения воздуха.

Существуют недостатки, который следует учитывать, состоит в том, что примеси могут требовать дальнейшей обработки для их безопасной утилизации, что может увеличивать сложность и стоимость процесса. Использование в процессе переработки гидроксида натрия может привести к образованию токсичных отходов.

Тем не менее, учитывая экономическую целесообразность и экологические преимущества, технология переработки медных шлаков с применением гидроксида натрия имеет значительный потенциал для внедрения в промышленность и может существенно улучшить управление отходами медного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xiaoyan L., Zhang W., Dong J., Wang Q., Sun Z. A Cleaner Process for Selective Recovery of Valuable Metals from Copper Slags // *Environmental Science & Technology*. 2015. Т. 49. № 5. С. 3026–3033.
2. Xu Y., Jiang L., Zhang T., Wang M., Liu Z. Optimizing the Leaching Parameters and Studying the Kinetics of Copper Extraction from Copper Slag // *ACS Omega*. 2021. Т. 6. № 11. С. 7500–7509.
3. Roshchin V.E., Adilov G.A., Povolotckii A.D., Kapelyushin Y. Complex Processing of copper smelting slags with obtaining of cast iron grinding media and proppants // *Fundamental research and applied developing of recycling and utilization processes of technogenic formations. KnE Materials Science*. – P. 462–471.
4. Jagmeet Singh., S.P. Singh. Utilization of alkali-activated copper slag as binder in concrete // *Frontiers of structural and civil engineering*. – 2021. – Т. 15. С. 773–780.
5. Sokolovskaya L., Kvyatkovskiy S., Kozhakhmetov S., Semenova A., Sukurov B., Dyussebekova M., Shakhlov A. Slag after smelting of anode mud: Role of sulphiding sintering // *Minerals*. – 2023. – Т. 14. С. 781–793.
6. Юсупходжаев А.А. Разработка рациональной технологии получения меди из шлаков медного производства: Дис. д-ра техн. наук. – Ташкент: институт общей и неорганической химии АН РУ, 2002. – 250 с.
7. Khojiev Sh.T. Pyrometallurgical Processing of Copper Slags into the Metallurgical Ladle // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – India, February 2019. – Vol.6, Issue 2. – P.8094 – 8099.