

Р.Э. Тошкодирова, Ph.D., доц. кафедры «Металлургия»;
С.А. Кенжаева, докторант кафедры «Металлургия»;
Ш.Т. Хожиев, Ph.D., доц. кафедры «Металлургия»;
(Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического
университета им. Ислама Каримова, г. Алмалык, Узбекистан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ КЛИНКЕРА ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Клинкер является техногенным отходом цинкового производства, который содержит цветные и благородные металлы. Клинкер характеризуется сложным химико-минералогическим составом. Химический состав заводов различный. Содержание элементов в среднем, мас. %: 0,83–3,56 Zn; 0,62–4,10 Cu; 0,41–2,18 Pb; 15–25 Fe, кокс-20–30 % а также благородные металлы, свободный углерод (кокс), кремнезем, CaO, MgO, глинозем. Кроме этого, в составе клинкера имеются и редкие металлы, такие как литий, барий, титан, вольфрам, ванадий, молибден. Ежегодно при переработке сырья на цинковом заводе прирост клинкера увеличивается на 25–30 тонн в год. С момента эксплуатации цинкового завода на сегодняшний день накопилось около 500 тысяч тонн клинкера.

Создание технологии комплексного извлечения металлов из состава клинкера является одной из основных и проблемных задач ученых современности. Схема, разработанная С.М. Авдюимовым с сотрудниками, состояла из комбинированного обогащения клинкера с отстаиванием и магнитной сепарацией, но не была успешной, так как не обеспечивала разделения компонентов методом обогащения, поскольку компоненты распределяются по всем продуктам. По методу Мостовича (отсадка, магнитная сепарация или флотация) можно увеличить количество цветных металлов, но будет снижаться извлечение благородных металлов [1].

Способ извлечения из клинкера меди и цинка в виде сульфатного раствора, состоит в том, что его направляют в цинковое производство, а получающийся кек сульфата свинца отгружают в свинцовое производство. Способ включает обжиг с хлоринатором CaCl_2 с выделением возгонов хлоридов цветных металлов, солянокислым их орошением и осаждением гидратного кека цветных металлов нейтрализацией растворов мокрого улавливания возгонов известью. Основными недостатками способа являются потери благородных металлов с отвальным огарком, сложность и много стадийность схемы, связанные с использованием хлорид-возгонки и солянокислого мокрого улавливания возгонов, применение дорогого и дефицитного компонента –

соляной кислоты, требующей также особых мер техники безопасности [2]. Новый метод переработки включающий низкотемпературный сульфатизирующий обжиг клинкера, позволяющий трансформировать «упорные» минералы в растворимые сульфатные соли меди и цинка, которые аммиачным выщелачиванием селективно извлекаются в раствор в виде стойких аммиакатов $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ и $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$. При этом железо в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и основная часть свинца в виде PbSO_4 остаются в кеке [3].

Анализ существующих методов переработки клинкера показывает, что еще не существует технологии, которая позволяет комплексно извлекать ценные компоненты из состава клинкера, а значит проблема по переработке клинкера еще не решена.

Целью исследования является изучение возможности извлечения ценных компонентов из клинкера цинкового производства.

Согласно химическому и пробирному анализу в составе клинкера имеются нижеследующие редкие и благородные металлы (%): 0,00971 In, 5,86 Ba, 0,3798 Ti, 0,0138 V, 0,036 Mo, 0,013 W, 0,00102 Au. Для исследования извлечения редких металлов из клинкера были проведены лабораторные исследования. Последовательность выполнения опытов приведена на рис. 1.

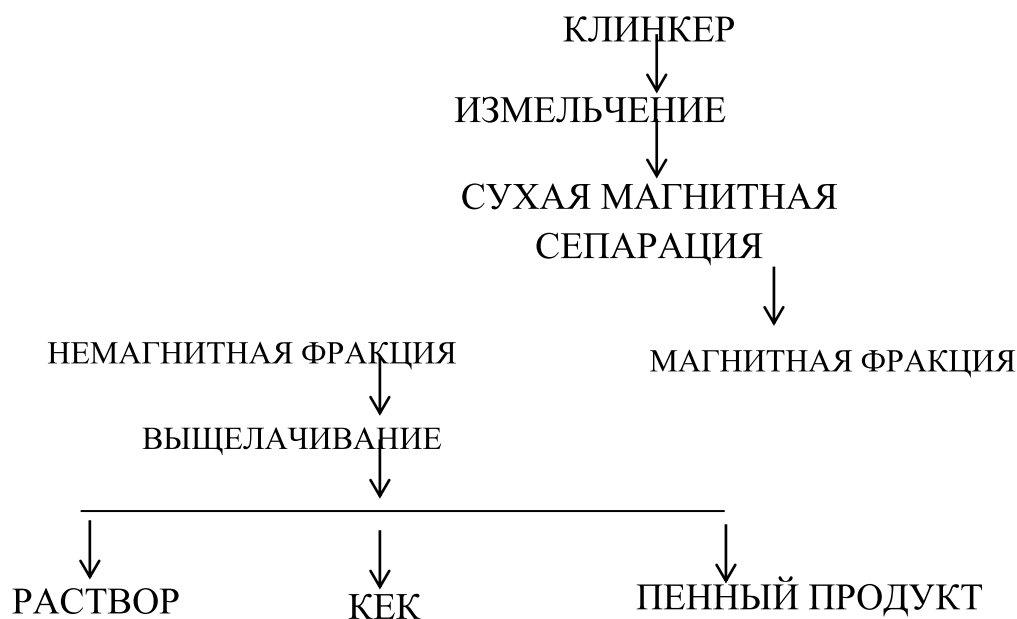


Рисунок 1 – Схема извлечения редких металлов из клинкера

В данной технологии клинкер измельчается до крупности 1 мм и подвергается магнитному обогащению с целью извлечения железа в отдельный продукт. После обогащения получается два продукта: магнитная фракция и хвосты. Магнитная фракция содержит более 60 %

железа и можно ее использовать в промышленности. Результаты магнитной сепарации приведены в таблице №1.

Таблица 1 – Результаты магнитной сепарации клинкера

Название	In	Ba	Ti	V	Mo	W	Au
Немагнитная фракция	0,00401	3,68	0,1898	0,0048	0,013	0,005	0,001
Магнитная фракция	0,0057	2,18	0,19	0,009	0,023	0,008	0,00002

Результаты показывают, что редкие металлы относительно равномерно распределяются по обоим продуктам магнитного обогащения. Это исследование проведено с целью снижения влияния железа на процесс выщелачивания. В работе клинкер массой 1 кг был подвержен дроблению и далее ситовому и гранулометрическому анализам. Была проведена магнитная сепарация навески по 100 г с разными частотами от 0,5А до 2,5А общей массой 500 грамм.

Хвосты магнитной сепарации подвергались выщелачиванию в растворе концентрации 30 % HCl (200 мл) при температуре 50–70 °С. В результате выщелачивания были получены три продукта: легкая фракция, раствор и кек.

Нами при различных температурах проведены опыты по выщелачиванию немагнитной фракции клинкера с целью перевода редких металлов в раствор. При температуре 50°С были получены следующие результаты. Химический анализ показал, что в составе кека содержится (г/т): 0,00444 In, 0,00516 Ba, 0,04551 Ti, 0,00486 V, 0,00898 Mo, 0,0010 W. Также получена легкая фракция (г/т): 0,00502 In, 0,00705 Ba, 0,08139 Ti, 0,00421 V, 0,01676 Mo, 0,00316 W. Из-за перехода железа в раствор и образования осадков химический состав раствора установить не удалось. Проведены опыты по выщелачиванию при температуре 70 °С и были получены нижеследующие результаты. Химический анализ показал, что в составе кека (г/т): 0,00442 In, 0,00555 Ba, 0,03228 Ti, 0,00349 V, 0,00738 Mo, 0,00088 W. Также было получена легкая фракция, включающая (г/т): 0,00371 In, 0,00596 Ba, 0,06295 Ti, 0,00359 V, 0,01450 Mo, 0,00305 W. Из-за перехода железа в раствор и образования осадков химический состав раствора определить не удалось.

Опыты показали, что в легкой фракции в основном содержатся углерод, который может быть коллектором металлов. Поэтому было решено провести опыты в другом составе клинкера. Были проведены опыты с другим обезуглероженным клинкером, в составе которого редкие металлы составили (г/т): 0,0008 Li, 0,01 In, 0,0011 Ge.

Опыты были проведены при температуре 70 °С, при этом выщелачиванию подвергались и магнитная и немагнитная фракции. В

результате выщелачивания не наблюдалось образование легкой фракции. Химический анализ раствора показал, что в раствор перешел только индий в количестве 253 мг/л. Идий и германий в растворе не обнаружены.

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что для извлечения редких металлов из состава клинкера выщелачивание соляной кислотой не дает положительных результатов. Применение серной кислоты неэффективно вследствие образования кремниевой кислоты, которая мешает процессу извлечения металлов в раствор. Поэтому есть необходимость проводить исследования по извлечению редких металлов другим способом, таким как электрохлоринация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лакерник М.М., Пахомова Г.Н. Металлургия цинка и кадмия. – М.: Metallurgy, 1969. – 520 с.
2. Вестник ООО "Медногорский медно-серный комбинат" (RU).
3. Букульбаева Н.С., Эдилканова М.Э., Кокаева Г.А. Обзор технологий переработки клинкера вельц печей // Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева. – 2023. – №2. – С. 45–52.

УДК: 661.152.32

М.Б. Мавлянов

(Ташкентский химико-технологический институт, Янгийерский филиал);

А.У. Эркаев, М.Ш. Адилова, А.Н. Бобокулов

(Ташкентский химико-технологический институт, г.Ташкент, Узбекистан)

E-mail: kafedranmkt@mail.ru тел: (97) 0074774

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГАЛУРГИЧЕСКОГО СПОСОБА ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНЫХ РУД ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Основным целевым продуктом калийной промышленности является хлорид калия (KCl), который может служить как в качестве самостоятельного удобрения, так и сырьем для получения калиевых солей – сульфата, карбоната, нитрата и др. Кроме этого, соли калия входят в состав некоторых сложных удобрений, например, нитроаммофоски и аммофоски (NPK удобрения), содержащих три питательных элемента: фосфор, азот и калий.

Сырьем для получения хлорида калия в Узбекистане служат сильвинитовые руды месторождения Тюбегатан. Запасы калийного сырья в Узбекистане оцениваются миллионами тонн (в пересчете на K₂O). Наличие запасов калийных солей и потребность в калийных