ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМУ ОБОГАЩЕНИЮ КЛИНКЕРА**Тошкодирова Рано Эркинжоновна***PhD по техническим наукам,**Алмалыкский филиал**Ташкентского государственного технического университета,**Республика Узбекистан, г. Алмалык**E-mail: zumrad291014@mail.ru***Абдурахмонов Сойиб***д-р техн. наук, проф.,**Алмалыкский филиал**Ташкентского государственного технического университета,**Республика Узбекистан, г. Алмалык***Бердияров Бахриддин Тилавжабулович***заведующий кафедрой «Металлургия»**Ташкентский государственный технический университет,**Республика Узбекистан, г. Ташкент***STUDIES ON ELECTROMAGNETIC ENRICHMENT OF CLINKER****Rano Toshkodirowa***PhD on technical sciences**Almalyk branch of Tashkent State Technical University**Republic of Uzbekistan, Almalyk***Soyib Abdurakhamonov***Doctor of Technical Sciences, prof.,**Almalyk branch of Tashkent State Technical University**Republic of Uzbekistan, Almalyk***Bahriddin Berdiyarov***Head of the Department "Metallurgy"**Tashkent State Technical University**Republic of Uzbekistan, Tashkent***АННОТАЦИЯ**

В статье исследуется процесс подготовки клинкера к последующей гидрометаллургической переработке извлечением железа из его состава методом электромагнитного обогащения. Железо в составе клинкера ухудшает гидрометаллургическую переработку клинкера, образуя ферриты. Применение электромагнитного обогащения позволило удалить из состава клинкера железо и получить дополнительно железный концентрат, а также хвосты магнитного обогащения, в которых сконцентрированы цветные и благородные металлы.

ABSTRACT

The article examines the process of preparing clinker to subsequent hydrometallurgical processing of iron extraction from its composition by electromagnetic enrichment. The iron in the composition of the clinker worsens the hydrometallurgical processing of clinker, forming ferrite. The use of electromagnetic enrichment made it possible to remove from the composition of the clinker of iron and additionally iron concentrate, as well as the tails of magnetic enrichment, in which colored and noble metals are concentrated.

Ключевые слова: клинкер, кек, гравитация, электромагнитное обогащение, сепарация, флотация, цементатор, фильтрат, хвосты.

Keywords: clinker, kek, gravity, electromagnetic enrichment, separation, flotation, cementator, filtrate, tails.

Клинкер – является одним из многотоннажных и особенно драгоценным по содержанию цветных и благородных металлов техногенным отходом цинкового производства, образующийся в результате переработки цинкового кека. В его составе кроме цветных и благородных металлов содержится также железо и углерод в значительных количествах. Наличие железа и углерода затрудняет переработку клинкера, препятствуя извлечению цветных и благородных металлов, так как при магнитном обогащении вместе с железом и углеродом увлекаются также и другие ценные компоненты из состава клинкера. Отсутствие надежных технологических схем переработки клинкера приводит к постепенному его накоплению в запасах, где задалбливаются цветные металлы и такие восстановительные агенты, как твердый углерод и металлическое железо. Химический состав клинкера разных заводов различный, что затрудняет создание единой технологии его переработки. Поэтому переработка клинкера в настоящее время является одной из важнейших задач в области обогащения и металлургии.

В мире проводятся научные исследования по эффективным методам переработки клинкера технологического отхода цинкового производства методом магнитного обогащения.

Клинкер – мелкий рыхлый материал, содержащий в среднем, (%): 0,83-3,56 Zn, 0,62-4,10 Cu; 0,41-2,18 Pb; 20-30 C (кокс); 15-25 Fe, 1,0-10,0 г/т Au; 100-750 г/т Ag.

Опыты по обогащению клинкера начались в 1940 году. С.И. Митрофанов и П.Ф. Еремин выделили из клинкера тяжелую фракцию (отсадка, магнитная сепарация и флотация) и коксик. Уменьшение крупности материала привело к снижению концентрации меди в магнитной фракции. В хвосты магнитной сепарации перешло около 70% меди. Однако, из-за неоднородности состава клинкера магнитная сепарация положительных результатов не дала [1; с. 235].

Ю.В. Андреев с сотрудниками измельчали клинкер до крупности 60-90% класса -0,074 мм и подвергали мокрой магнитной сепарации при стандартных условиях. Полученную магнитную фракцию далее выщелачивали раствором серной кислоты при ее расходе 0,4-2,4 кг на 1 кг железа в клинкере. После отделения и промывки остатка получали медный концентрат. Из фильтрата, содержащего сульфат Fe (II), выделяли кристаллический железный купорос [1; с. 243].

А.И. Окунев, Л.С. Щуголь, Ф.И. Нагирняк, Э.С. Гагарин и С.Э. Фридман исследовали метод прямого электромагнитного обогащения клинкера. Авторы установили, что медь и железо в клинкере находятся в значительной части в металлическом состоянии. При содержании меди в исходном клинкере 4,4 % и измельчении до минус 0,15 мм был получен магнитный концентрат (6,2 % Cu), при извлечении меди 47 % и хвосты (3,5 % Cu) при извлечении в них меди 53 %; извлечение железа в магнитный концентрат составило 82 %. Надо полагать, что благородные металлы при этом распределились примерно в равном отношении между магнитной и немагнитной фракциями [1; с. 240].

Исследованиями сотрудников института «Механобр» было установлено, что наилучшие результаты по электромагнитному обогащению клинкера достигаются при крупности -2 мм. Тогда при начальном содержании меди (от 2,35 до 6,7 %) в клинкере был получен концентрат (магнитная фракция) с содержанием в нем меди 8 - 14,2%, извлечение составило 80 – 89 % и хвосты с содержанием меди 0,57 - 1,32 %, при извлечении в них меди 19,5 – 11 %. При содержании железа в клинкере 28 % в магнитном продукте концентрировалось железа 50,6 % (при извлечении 84 %). При магнитной сепарации клинкера (1,07 % Cu) был получен медный концентрат с содержанием меди 2,22 %, извлечение составило 50,5 % и хвосты, содержащие 0,7 % меди, извлечение в них меди 49,5 %. В работе не приводятся данные по поведению углерода и благородных металлов, что не дает возможности сделать выводы о рациональном использовании продуктов обогащения. Авторы работы предлагают использовать клинкер и магнитный концентрат, полученный при его обогащении в качестве присадок при фьюминговании шлаков, а также при цементации меди из рудничных вод и обогащении окисленных руд [1; с. 240-241].

Проводились исследования по магнитной сепарации клинкера с последующим выщелачиванием магнитной фракции и переработкой флотацией немагнитной фракции. Способ был запатентован «Способ переработки отходов цинкового производства» и заключался в следующем: клинкер, дробленный до крупности 1-5 мм, подвергали магнитной сепарации. Хвосты магнитной сепарации флотировали. Магнитная фракция подвергалась кучному выщелачиванию раствором, состоящим из H_2SO_4 – 40 г/л, активного хлора – 50 г/л и ПАВ в качестве сорбента. Продуктивный раствор повторно подавали на орошение до 3-5 оборотов, далее из них извлекали полезные компоненты. Кек после выщелачивания плавили в печи для более полного извлечения благородных металлов [2].

По нашему мнению, недостатками способа являются многостадийность, т.е. для проведения необходимо сразу несколько методов и в итоге все равно кеки после кучного выщелачивания подвергают плавке в печи.

На фабрике ТОО «Казцинктех» осуществлялась переработка клинкера магнитным и флотационным методами обогащения. Применялась трехстадийная магнитная сепарация. В результате обогащения были получены три продукта: магнитный, немагнитный и промежуточный продукт. Магнитный продукт можно использовать как железосодержащий, по содержанию железа он соответствует товарному концентрату. Промпродукт дает выход 40-70% и измельчается и обогащается флотацией. Немагнитный продукт содержит кокс [3].

Мы считаем, что недостатком способа является то, что процесс медной флотации включает по две основных, контрольных и перечистных операций с выходом хвостов, которые необходимо опять перерабатывать.

Проведенные исследования электрометаллургических методов обогащения клинкера показывают, что методы переработки клинкера, имеют некоторые недостатки, присущие обогащению, т.е. в первую очередь следует отметить, что вместе с магнитной фракцией в её составе увлекаются также цветные металлы из состава клинкера, т.е. есть необходимость в дополнительной переработке полученной магнитной фракции.

Исследователи делали попытки решить проблемы переработки клинкера электромагнитной сепарацией. Содержание железа в клинкере больше остальных компонентов, оно мешает извлечению металлов, образуя с ними ферриты, поэтому для дальнейшего извлечения остальных компонентов из

клинкера, необходимо извлечь железо в отдельный продукт [4-9].

Для отделения железа из состава клинкера предварительно клинкер измельчали до проводили сухую магнитную сепарацию. Содержание цветных металлов в клинкере составляло 2,2 % Cu, 0,51% Pb, 2,1 % Zn, а железа 19,53%. Сепарация проводилась на магнитном сепараторе. Для проведения испытаний брали измельченный до - 1,0 мм клинкер. Испытания проводились при различных значениях силы тока. Изучались зависимость силы тока от концентрации железа и извлечении его в магнитную фракцию. Результаты магнитного обогащения приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Результаты магнитного обогащения клинкера

№	Сила тока J, A	Напряжение U, b	Выход концентратов		Концентрация железа, %	Извлечение железа в кон- центрат, %
			в граммах	в %		
1	0,125	95	3,42	1,71	55,82	5,02
2	0,25	140	12,6	6,30	58,40	19,34
3	0,31	180	24,8	12,40	65,25	42,63
4	0,38	210	38,1	19,05	63,14	63,15
5	0,45	255	47,3	23,65	61,31	76,05
6	0,50	295	56,6	28,30	51,42	76,60

Из измельченного клинкера железо табл. 1 извлекалось магнитной сепарацией, в зависимости от силы тока. Результаты опытов показали, что при силе тока 0,31 А концентрация железа составляет 65,25 % при извлечении железа 42,63 %. Дальнейшее увеличение силы тока снижает концентрацию железа, но увеличивает извлечение железа. Наибольшее извлечение 76,6 % достигнуто при силе тока 0,5 А и напряжении 295 В, однако результаты свидетельствуют о снижении концентрации железа до 51,42%. При анализе полученных в ходе экспериментов данных мы подсчитали оптимальную силу тока 0,45 А и напряжение 255 В, так как при этих данных концентрация железа составляла 61,31 %, а извлечение 76,05 %. Результаты химического анализа показали, что вместе с железом в магнитную фракцию переходят в незначительном количестве 0,2 Cu, 0,2 Zn, 0,06 Pb.

Полученную магнитную фракцию подвергали промывке. В стакан с магнитной фракцией залили дистиллированную воду и перемешивали с помощью импеллерной мешалки. В результате после перемешивания в течении 0,5 часа образовалась легкая фракция, которую отфильтровали. Легкая фракция была добавлена к хвостам магнитной фракции.

После отмытки в составе железного концентрата соответственно увеличивается количество железа до 66%. Полученный очищенный железный концентрат вполне пригоден для дальнейшей переработки и может быть направлен к потребителю.

Таким образом, результаты экспериментов показывают возможность извлечения железа из клинкера методом магнитного обогащения и получением железного концентрата с содержанием железа около 60%. Наличие данных результатов показывает, что применение данного метода обогащения клинкера дает возможность получить дополнительный продукт железный концентрат из состава клинкера.

Список литературы:

1. Санакулов К.С. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. – Ташкент.: Изд-во Фан АНРУз. 2009. - 404 с.
2. Патент на изобретение №2356960. Способ переработки отходов цинкового производства. – 15.11.2006 г.
3. Букульбаева Н.С., Эдилканова М.Э., Кокаева Г.А. Обзор технологий переработки клинкера вельц печей // Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева.
4. Тошкодирова Р.Э., Абдурахмонов С. Переработка клинкера – техногенного отхода цинкового производства // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2020. 11(80).
5. Абдурахмонов С., Тошкодирова Р.Э. Исследования по переработке клинкера - отхода цинкового производства // Вестник науки и образования. №10 (88) часть 1. С.22-26.

6. Абдурахмонов С., Тошкодирова Р.Э. Технология переработки клинкера цинкового производства // Монография - Навоий: А.Навоий, 2020. - 96 с. ISBN:978-9943-6322-4-0
7. Тошкодирова Р.Э. Рух ишлаб чиқариш техноген чиқиндиси – клинкерни қайта ишлаш // Journal of Advances in Engineering Technology ISSN:2181-1431
8. Berdiyarov B.T., Yusupkhodjayev A.A., Khasanov A.S. Improvement of technology of heat treatment of the zinc concentrate for the purpose of increase in complexity of use of raw materials. International journal of advanced research in science, engineering and technology. India. Vol. 6, Issue 2, February, 2019.
9. Yusupkhodjayev A.A., Khasanov A.S., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T. Increase in efficiency of processing of collective zinc-lead concentrates. International journal of advanced research in science, engineering and technology. India. Vol. 6, Issue 1, January, 2019. - P. 7812-7817.