

**ПЕРЕРАБОТКА КЛИНКЕРА – ТЕХНОГЕННОГО ОТХОДА ЦИНКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА****Тошкодирова Рано Эркинжоновна**

доктор философии PhD по техническим наукам, Алмалыкский филиал  
Ташкентского государственного технического университета,  
Республика Узбекистан, г. Алмалык  
E-mail: [zumrad291014@mail.ru](mailto:zumrad291014@mail.ru)

**Абдурахмонов Соийб**

профессор, Алмалыкский филиал  
Ташкентского государственного технического университета,  
Республика Узбекистан, г. Алмалык

**CLINKER PROCESSING - ZINC INDUSTRIAL WASTE****Rano Toshkodirova**

doctor of philosophy (Phd) Technical Sciences,  
Almalyk branch of Tashkent State Technical University,  
Uzbekistan, Almalyk

**Soyib Abdurakhmonov**

Professor,  
Almalyk branch of Tashkent State Technical University,  
Uzbekistan, Almalyk

**DOI: 10.32743/UniTech.2020.80.11-1.78-81.****АННОТАЦИЯ**

Клинкер - техногенный отход цинкового производства в настоящее время перерабатывается в основном пирометаллургическим способом. В данной статье проводится анализ данного метода переработки на различных предприятиях и предлагается гидromеталлургический способ переработки, как наиболее перспективное направление в данное время.

**ABSTRACT**

Clinker – technogenic waste of zinc production is currently processed mainly by pyrometallurgical method. This article analyzes this processing method at various enterprises and proposes a hydrometallurgical processing method as the most promising direction at this time.

**Ключевые слова:** клинкер, пирометаллургия, гидрометаллургия, магнитная сепарация, магнитная фракция, хвосты, электровыщелачивание, кек, раствор, пенный продукт.

**Keywords:** clinker, pyrometallurgy, hydrometallurgy, magnetic separation, magnetic fraction, tailings, electroleaching, cake, solution, foam product.

Промпродукт цинкового производства - клинкер является довольно трудным объектом для металлургической переработки в связи с относительно низкой концентрацией в нем цветных металлов и высоким содержанием пустой породы.

Отсутствие надежных технологических схем переработки клинкера приводит к постепенному его накоплению в запасах, хотя в них содержится в значительных количествах цветные металлы, твердый углерод и металлическое железо. Клинкер является мелким рыхлым материалом. Химический состав клинкера разных заводов различный, содержит 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. [1].

Проблемам переработки клинкера разных заводов посвящено множество исследовательских работ. В разные периоды были разработаны и созданы различные технологии переработки клинкера, которые прошли полупромышленные и промышленные испытания, однако из-за экономической не выгодности в настоящее время не используются.

В СНГ в настоящее время клинкер, в основном, перерабатывается методом шахтной плавки на медеплавильных заводах [2-4]. Основным методом переработки до 1990 г. была шахтная плавка неокускованного клинкера вместе с сырьем, содержащим медь

на Карабашском медеплавильном (до 180 тыс. т/год), Медногорском медно-серном (до 110 тыс. т/год) и Усть – Каменогорском свинцово-цинковом (до 90 тыс. т/год) комбинатах [5; с. 333].

В последнем случае, в ходе процесса агломерации, бесцельно выжигается твердый углерод и металлическое железо клинкера. При шахтной плавке на расплавление остатков этого промпродукта требуется затрата дорогостоящего топлива – кокса.

При плавке «сырого» клинкера в шахтной печи состав отходящих газов по  $\text{CO}_2$  в верхних горизонтах печи является окислительным по отношению к металлическому железу и тонкоизмельченному углероду клинкера. В этом случае восстановительные и энергетические возможности клинкера также не используются.

Следует отметить, что такая прямая переработка клинкера, содержащего относительно небольшое количество меди, увеличивает выход шлаков, а следовательно и общие потери металлов.

Однако, внедренная на этих заводах технология плавки клинкера не отвечала современным экологическим требованиям, снижала эффективность и объемы его переработки. Главными причинами этого явились:

- отсутствие переделов окускования клинкера, что приводило к большому пылевыносу, нарушению технологического режима печей и снижению их производительности;
- трудности окисления и ошлакования металлизированной части железа клинкера при использовании больших количеств неэффективных сульфатизаторов (пиритные руды).

Клинкер сравнительно бедное по меди сульфидное сырье, в которое введен кокс, а также присутствует металлическое железо. Основной задачей при плавке является достаточно глубокое окисление и ошлакование последнего с целью исключения переобогащения штейна металлическим железом и образования металлизированных настывлей во внутреннем и наружном горнах шахтных печей [6; с. 333].

Небольшое количество клинкера перерабатывается в отражательной печи при плавке сульфидных медных концентратов, а также добавляется в шихту при обеднении медных шлаков восстановительно-сульфидирующими комплексами [7].

Многофазная композиция – клинкер, являющийся техногенным сырьем цинкового производства, в настоящее время на АГМК перерабатывается в

незначительном количестве. Клинкер шихтуется с концентратом и флюсами и загружается в отражательную печь, с целью извлечения благородных металлов и меди в штейн [7]. В этом случае, не используются восстановительные свойства клинкера, в котором содержится до 20-28% углерода и 15-25% металлического железа.

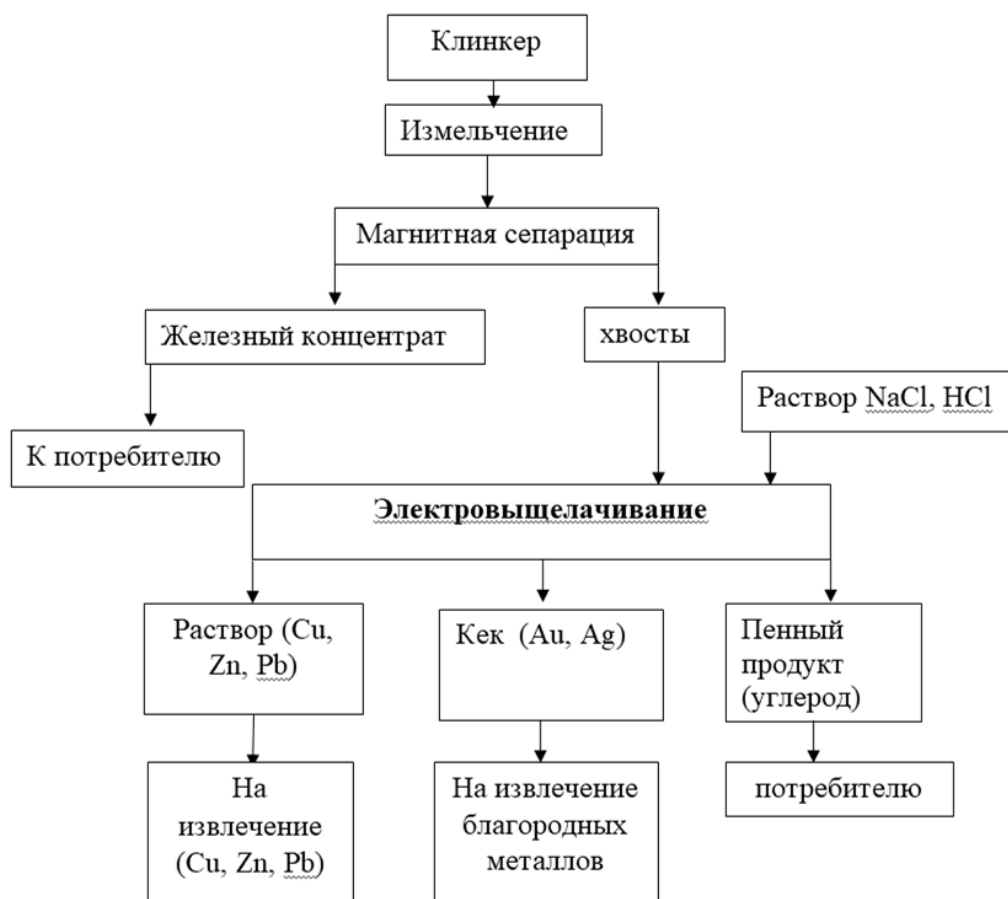
Печь Ванюкова является эффективным агрегатом для переработки клинкера поскольку обеспечивает возможность сжигания углерода и окисления металлизированной фазы в условиях барботируемой ванны. Дальнейшая переработка штейна может осуществляться различными комбинированными методами: сульфатизирующим обжигом с последующим выщелачиванием, сократительной плавкой, флотационно-гидрометаллургическим способом. При подшихтовке пирита обеспечивается получение отвальных шлаков с содержанием меди 0,14 - 0,24 % [5; с. 334].

В работе разработали технологию переработки клинкера, отхода цинковой промышленности с получением ферросплава и возгонов цветных металлов. Рассматривается возможность применения отходов цинкового производства в качестве сырья, с целью получения товарной продукции в виде ферросилиция и коллективных возгонов цветных металлов. Степень перехода Si в ферросплав до 96%, Fe до 97%, а степень извлечения Zn в возгоне 99,6 %, Pb – 99% [8; с. 34-39].

Проведенные исследования из литературы пирометаллургических методов показывают, что методы переработки клинкера, построенные, на базе пирометаллургических приёмов, имеют свои недостатки, в первую очередь следует отметить высокую энергоёмкость, т.е. необходимость затрат энергии для расплавления всей массы клинкера при температуре 1000-1200°C и неизбежное загрязнение окружающей среды пылегазовыми выбросами и шлаковыми отвалами [9].

В связи с этим можно сделать вывод, что переработка клинкера – техногенного отхода цинкового производства и разработка эффективной технологии переработки клинкера является важной задачей.

Авторами были проведены испытания по переработке клинкера – техногенного отхода цинкового производства, результаты которых свидетельствуют о возможности извлечения ценных составляющих клинкера [10]. Основываясь на результатах исследований по переработке клинкера была составлена технологическая схема переработки клинкера изображенная на рис. 1.



**Рисунок 1. Рекомендуемая технологическая схема переработки клинкера**

Для отделения железа из состава клинкера проводили сухую магнитную сепарацию. Результаты экспериментов показывают возможность извлечения железа из клинкера методом магнитного обогащения и получением железного концентрата с содержанием железа около 60%. В результате электровыщелачивания хвостов магнитного обогащения были получены три продукта: пенный продукт (содержащий углерод), раствор (содержащий Cu, Zn, Pb) и кек (содержащий Ag и Au). Установлен, оптимальный режим процесса электровыщелачивания хвостов магнитного обогащения клинкера, оптимальная концентрация NaCl 100-200 г/дм<sup>3</sup>, концентрация соляной кислоты 40-60 г/дм<sup>3</sup>, оптимальная продолжительность 1,5 - 2 часа, при извлечении меди в раствор 75,4%. Изучена возможность извлечения металлов из растворов, в результате получены осадки металлов в виде гидроксидов, которые при необходимости можно перерабатывать.

Результаты проведенных укрупненно-лабораторных испытаний позволяют сделать вывод, что

выбранная нами технология наиболее комплексно перерабатывает клинкер. Железо выделяется в отдельный продукт и не мешает дальнейшей переработке.

В процессе электровыщелачивания медь, цинк, свинец и железо извлекаются в раствор, а благородные металлы остаются в кеке.

Полученный углерод рис. 1 можно использовать в качестве восстановителя в процессе конвертирования в металлургическом цехе МПЗ. Получаемый кек в процессе электровыщелачивания можно после сушки можно загружать в конвертер вместе с флюсами как сырье благородных металлов, где извлечение из него золота и серебра в черновую медь составляет 95 %.

По нашему мнению разработанная технология наиболее эффективно перерабатывает клинкер – техногенный отход цинкового производства с применением обогащительных (магнитная сепарация, флотация) методов и металлургических (электрохлоринация) процессов позволяющая комплексно извлекать ценные компоненты, имеющиеся в составе клинкера.

#### Список литературы:

1. Абдурахмонов С., Тошкочирова Р.Э. Исследования по переработке клинкера - отхода цинкового производства // Вестник науки и образования. №10 (88) часть 1. С.22-26.
2. Крысенко Н.Я., Ясонов Ф.Д. Об интенсификации процесса плавки клинкера в шахтной печи. // Бюл. ЦИИИ Цветная металлургия. 1976. № 7. С. 45-48.
3. Фельдман Р.И. Автогенная шахтная плавка клинкера. //Цветные металлы. 1991. № 4. С. 10-13.

4. Кажухметов С.Н., Омарова А.С., Чокаев М.Т. Автогенная переработка медного клинкера с использованием боратовой руды. // Цветные металлы. 1999. № 4. С. 8-11
5. Кляйн С.Э., Козлов П.А., Набойченко С.С. Извлечение цинка из рудного сырья. - Екатеринбург. УГГУ-УПИ 2009. 492 с.
6. Паньшин А.М. Комплексная переработка клинкера ОАО “Электроцинк” // Материалы симпозиума “Недели горняка-2008” – МГТУ 2009. – С. 298-302.
7. Юсупходжаев А.А. Разработка рациональной технологии получения меди из шлаков медного производства.: Автореф. дис д.т. наук - Ташкент: 2002. Институт общей и неорганической химии АН РУ.-45с.
8. Кривонос Ю.С., Видуцкий М.Г., Габдулхаев Р.Л. Клягин В.В. «Технология обогащения клинкера в ОАО «Электроцинк»». Горный журнал 2007. - № 12, - С. 84 – 85.
9. Тошкодирова Р.Э. Разработка эффективной технологии переработки клинкера цинкового производства.: Дисс.док. философии (PhD) по техн.наукам – Навои 2020. – 118 стр.
10. Абдурахмонов С., Тошкодирова Р.Э. Технология переработки клинкера цинкового производства. Навои: изд-во А.Навои, 2020. -96 с.