

“ZAMONAVIY DUNYODA SUN’IY IDROKNING RIVOJLANISHI: YANGI DAVR MUAMMOLARI VA YANGI YECHIMLAR JURNALI”

30-Oktyabr, 2025-yil

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК» В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ И ВОССТАНОВИТЕЛЯ

Вахобов Азизжон Вохиджон уgli
Инженер АО «Алмалыкский ГМК».

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, возможность комплексного извлечения цветных и благородных металлов из техногенных образований производства цветных металлов АО «Алмалыкский ГМК», в виде шлаков медного производства и клинкера - техногенного отхода цинкового производства, с содержанием более 50 % восстановительных элементов в виде металлического железа и углерода, а также золота в количестве 1-10 г/т и серебра 100-750 г/т, является актуальнейшим вопросом с экологической и экономической точки зрения.

Техногенные образования представляют собой серьезную проблему в металлургической промышленности, поскольку они накапливаются в отвалах исчисляясь в миллионах тонн, представляют проблему для окружающей среды, занимая плодородные земли. В связи с чем в мировой практике медного производства особое внимание уделяется усовершенствованию технологии переработки с целью уменьшения потерь металла в пирометаллургических процессах, а также комплексной переработке техногенных образований в виде отвальных и конвертерных шлаков, хвостов обогатительной фабрики с целью извлечения из них ценных компонентов и комплексному использованию сырья [1,2].

Конвертерные шлаки медного производства содержат значительное количество меди 2,0-3,5 % и они обязательно перерабатываются (обедняются) с целью извлечения содержащихся в них ценных компонентов. На АО «Алмалыкский ГМК» они перерабатываются в отражательной печи с извлечением меди до 75 %. Однако с вводом автогенной печи Ванюкова в производство меди увеличился объем конвертерных шлаков и их часть перерабатывается на обогатительной фабрике комбината для производства сульфидного медного концентратса с последующей плавкой в отражательной печи и конвертере. В этом случае сквозное извлечение меди из конвертерного шлака до черновой меди не превышает 50 % [3,4].

Для увеличения выхода меди из конвертерного шлака в отражательной печи до 83 %, а при обогащении на обогатительной фабрике до концентрата с последующей плавкой в отражательной печи и конвертере до 75 %, необходимо предварительно обеднять конвертерные шлаки в восстановительных процессах.

Повышение извлечения меди предварительным обеднением, возможно при улучшении физико-химических свойств шлаков, уменьшение их вязкости и плотности, что достигается путем снижения избыточного содержания трехвалентного железа в шлаках, при пирометаллургическом способе производства меди. Снижение содержания магнетита в шлаке примерно на 10 % приводит к существенному

“ZAMONAVIY DUNYODA SUN’IY IDROKNING RIVOJLANISHI: YANGI DAVR MUAMMOLARI VA YANGI YECHIMLAR JURNALI”

30-Oktyabr, 2025-yil

уменьшению плотности шлака от 3,7 до 2,72 г/см³, что приводит к лучшему разделению шлака и штейна и снижению потерь меди со шлаками. Избыточная часть магнетита может выпадать в твердый осадок в отражательной печи в виде магнетитовой настыли, ухудшая плавильный процесс в печах [5].

У нас в стране и зарубежном ученые ведут исследования в области определения степени снижения концентрации магнетита в шлаке при восстановительных процессах в различных печах и условиях. В качестве восстановителя используется природный газ, кокс и различные техногенные отходы содержащие восстанавливющие элементы.

Проведены физико-химические исследования свойств шлаков, полученных при плавке медносульфидного концентрата, с введением восстановителя и без него. Предложен двухстадийный способ обеднения шлаков автогенной плавки природным газом совместно с углем. Установлено, что наличие в расплаве восстановителя (угля) способствует образованию в шлаке фаялита, содержание которого достигает 73-77 %. Без подачи восстановителя количество составляет 40-50 %. В присутствии восстановителя содержание меди в шлаке находится на уровне 0,55 %, а в его отсутствии - 0,84 %. Создание восстановительного режима при плавке медносульфидного концентрата позволяет снизить температуру плавления шлака на 100-150 °C за счет восстановления трехвалентного железа (магнетита) в двухвалентное (вюстит) и образования дополнительного количества фаялита [6,7].

Избыточная часть магнетита в шлаке снижается за счет восстановления в его составе оксида трехвалентного железа до оксида двухвалентного. В настоящей работе были рассмотрены наиболее дешевые и доступные восстановители трёхвалентного железа железосиликатного расплава ингредиентами в виде углеродсодержащего и железосодержащего вторичного сырья промышленности, а также клинкером-техногенным отходом цинкового производства, в составе которого более 50 % восстановителей, таких как железо и углерод.

Выбор и обоснование объектов исследования. Основными объектами исследований были приняты промышленные конвертерные шлаки АО АГМК, приведенные в табл. 1. Химическому анализу подвергались как лежалые, накопленные, так и свежее образующиеся конвертерные шлаки.

Таблица 1

Химический состав конвертерных шлаков АО АГМК

№ Проба	Содержание, мас. %							
	P	F	Fe ₂	Si	Ca	Al	S	
1	1.	45	20.	22.	1.0	3.8	1.	
2	1.	46	22.	21.	1.2	3.5	0.	
3	1.	46	25.	19.	1.5	3.2	0.	

Содержание меди в конвертерных шлаках табл.1, составляет 2,2-3,6%, столь большой разброс составов шлака объясняется проведением плавок и характером поступающего сырья. Для проведения лабораторных исследований процесса

“ZAMONAVIY DUNYODA SUN’IY IDROKNING RIVOJLANISHI: YANGI DAVR MUAMMOLARI VA YANGI YECHIMLAR JURNALI”

30-Oktyabr, 2025-yil

восстановления магнетита шлакового расплава, применялась усовершенствованная методика определения степени прямого и косвенного восстановления магнетита в жидких продуктах плавки [8].

В качестве восстановителя был использован клинкер техногенное сырье цинкового производства, его состав приведен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав клинкера цинкового завода АО АГМК

№ пробы	Содержание клинкера, мас. %									
	C	P	Z	Si	S	C	F	Au	Ag	
1	2,	1,	1,	18,	-	28	24	2,3	185	
2	1,	-	1,	22,	-	18	22	5,4	53	

Были проведены лабораторные исследования процесса восстановления магнетита конвертерного шлака состава (табл. 1), %: проба 1. - Fe_3O_4 -25,2; проба 2. - Fe_3O_4 -22,4; проба 3. - Fe_3O_4 -20,7 клинкером (табл. 2) состава 1 пробы в количестве 5% от веса шлака при температуре 1250°С. Данные представлены на рис. 1

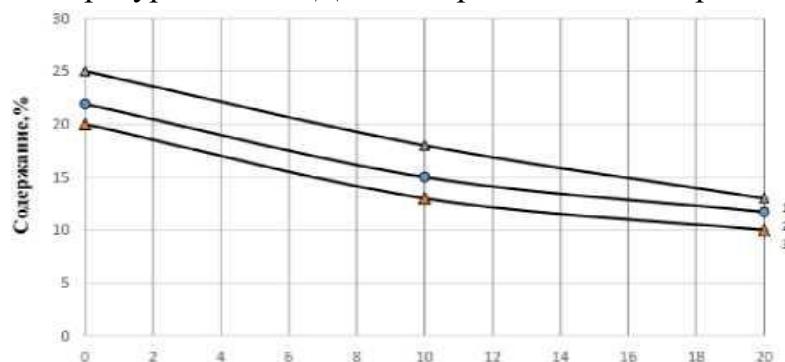


Рис. 1. Остаточное содержание магнетита конвертерного шлака при восстановлении его клинкером

На основании теоретических и лабораторных исследований обогащения, восстановлением конвертерных шлаков клинкером цинкового с целью его полного освоения установлено, что за 10 минут восстановлено оксида трехвалентного железа более 40,0 % его переводом в оксид двухвалентного железа, что является хорошим показателем.

Были проведены лабораторные исследования по снижению (обеднению) содержания меди в процессе восстановления магнетита конвертерного шлака, клинкером (табл. 2) состава 1 пробы в количестве 5 % от веса шлака при температуре 1250 °С. В конвертерном шлаке содержание меди составляло (табл. 1), %: проба 1. - Cu -3,60; проба 2. - Cu -2,95; 3. - Cu - 2,54. Данные по снижению (обеднению) содержания меди в процессе восстановления магнетита конвертерного шлака представлены на рис. 2

30-Oktyabr, 2025-yil

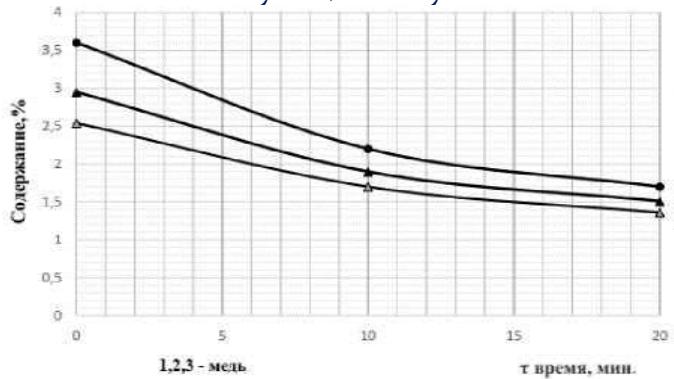


Рис. 2. Остаточное содержание меди в конвертерном шлаке при его восстановлении клинкером

Использовании клинкера при восстановлении избыточного содержания магнетита конвертерного шлака в процессе конвертирования (рис.2), произошло снижение концентрации магнетита от 25,2 % до 12,5 %, а концентрация меди значительно уменьшилось от ее первоначального содержания с 3,6 % до 1,61%. При визуальном осмотре поверхности застывшего расплава, восстановленного клинкером конвертерного шлака, следов клинкера на поверхности шлака не обнаружено. Это показывает о полном взаимодействии клинкера в расплав.

Клинкер, в данном случае используется не только ингредиентом восстановителя магнетита конвертерного шлака при его обеднении, но и дополнительным сырьем благородных металлов. Благородные металлы клинкера в процессе обеднения конвертерного шлака восстановительных процессах извлекается с высоким показателем 95 % в штейн [9].

Необходимо отметить, что в мире наблюдаемое истощение запасов высококачественной железной руды и опасность для окружающей среды, связанная с удалением необработанных металлургических отходов, открывают возможность для исследования вторичных источников железа и меди. В шлаках медной промышленности элементарная доля железа составляла около 35,4 %, а из литературы известно, что приемлемым для экономического обогащения, с целью получения железа составляет не менее 25 %, и этот шлак имеет содержание железа выше этого предела [10].

Извлечение меди и благородных металлов из шлаков медного производства и клинкера техногенного сырья цинкового производства приведет к созданию дополнительной сырьевой базы для медеплавильного производства АО «Алмалыкский ГМК».

“ZAMONAVIY DUNYODA SUN’IY IDROKNING RIVOJLANISHI: YANGI DAVR MUAMMOLARI VA YANGI YECHIMLAR JURNALI”

30-Oktyabr, 2025-yil

ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Tlotlo Solomon Gabasiane, Gwiranai Danha, Tirivaviri A. Mamvura, Tebogo Mashifana and Godfrey Dzinomwa. Environmental and Socioeconomic Impact of Copper Slag-A Review. Crystals 2021, 11, 1504. <https://doi.org/10.3390/crust11121504>.
2. Bellemans, I.; De Wilde, E.; Moelans, N.; Verbeken, K. Metal losses in pyrometallurgical operations-A review. Adv. Colloid Interface Sci. 2018, 255, 47-63. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed].
3. Санакулов К.Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства. - Ташкент.: “Фан”.2009 г. - 404 с.
4. Мухаметджанова Ш.А., Якубов М.М., Ахмедов Х. Разработка эффективной технологии производства концентрата из конвертерных шлаков медного производства. Журнал Узбекский химический Журнал. № 4, 2020г. С.58-65.
5. Купряков Ю.П. Шлаки медеплавильного производства и их переработка. - М.: Металлургия. 1987. - С. 201.
6. L. V. Sokolovskaya, S. A. Kvyatkovskiy, S. M. Kozhakhmetov, A. S. Semenova & R. S. Seisembayev. Effect of Reducing Agent on Structure and Thermal Properties of Autogenous Copper Sulfide Concentrate Smelting Slags. Metallurgist volume 65, pages 529-537 (2021).
7. Досмухамедов Н. К., Федоров А. Н., Жолдасбай Е. Е. Распределение Cu, Pb, Zn и As между продуктами двухстадийного восстановительного обеднения высокомедистых шлаков. // Цветные металлы 2019 № 7 С.30-35
8. Якубов М.М., Юсупходжаев А.А. Усовершенствование методики определения степени прямого и косвенного восстановления магнетита в жидких продуктах плавки сульфидного медного концентрата. // Вестник ТашГТУ. Ташкент, 2004 г. №1. - С. 209-212.
9. Зайцев В.Я., Удалов Л.К., Якубов М.М., Геневска Т.Н. О возможности использования клинкера вельц-печей для обеднения шлаков. //Цветные металлы. 1984. №4. С.19-23.
10. T.S.Gabasiane, G.Danhaa, T.A.Mamvuraa, T.Mashifanab, G.Dzinomwac. Characterization of copper slag for beneficiation of iron and copper. Heliyon. Volume 7, Issue 4, April 2021. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06757>.

Ключевые слова: медь, шлак, конвертерный шлак, обеднение, магнетит, восстановление, клинкер, концентрат.

Показана возможность комплексного извлечения цветных и благородных металлов из техногенных образований производства цветных металлов АО «Алмалыкский ГМК», в виде шлаков медного производства и клинкера техногенного отхода цинкового производства.