

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

Вахобов Азизжон Вохиджон угли
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 концентрата 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

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 настыви, ухудшая плавильный процесс в печах [5].

У нас в стране и зарубежом 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 восстанавливающие 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 °С 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

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°C. Данные представлены на рис. 1

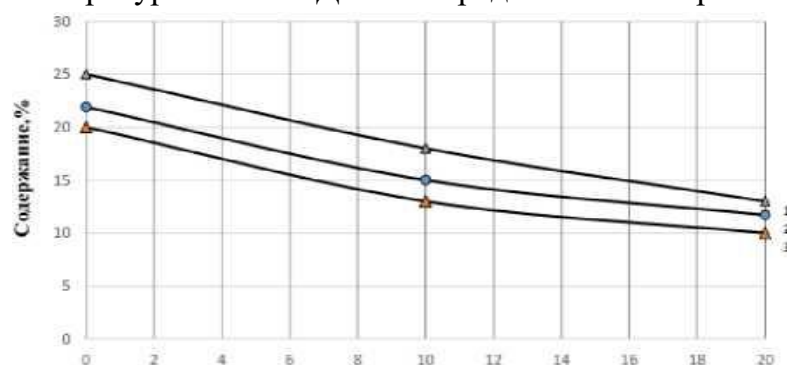


Рис. 1. Остаточное содержание магнетита конвертерного шлака при восстановлении его клинкером

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 °C. 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

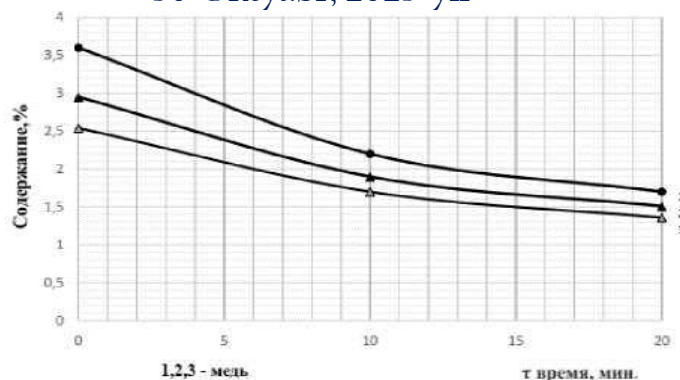


Рис. 2. Остаточное содержание меди в конвертерном шлаке при его восстановлении клинкером

Использовании клинкера при восстановлении избыточного содержания магнетита конвертерного шлака в процессе конвертирования (рис.2), произошло снижении 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 цель 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».

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/cryst11121504>.
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., Генеуска 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.