

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ОБЖИГ ЖЕЛЕЗНОГО КОНЦЕНТРАТ

Хасанов А.С., Д-р техн. наук, проф., зам. главного инженера по науке АО «АГМК»
(Алмалыкский горно-металлургический комбинат)

Эшонкулов У.Х., Старший преподаватель кафедры «Горное дело» Каршинский
инженерно-экономический институт

Аннотация

Выполнено исследование по восстановлению в кипящем слое (железного) концентрата, с целью получения железного осадителя для цементации меди в комбинированном процессе обогащения, а также с целью до извлечения меди из этого концентрата. В качестве восстановителя использовался конверсированный природный газ. Эта медь извлекается при цементации железным порошком, в который она переходит при восстановлении.

Abstract

A study was carried out on the fluidized bed reduction of (iron) concentrate, in order to obtain an iron precipitator for carburizing copper in a combined beneficiation process, as well as to extract copper from this concentrate. Converted natural gas was used as a reducing agent. This copper is extracted by carburizing with iron powder, into which it passes during reduction.

Ключевые слова: активного железа, магнитной фракции, степень восстановления, кипящем слое, железного порошка, природный газ, режим обжига

Keywords: active iron, magnetic fraction, reduction degree, fluidized bed, iron powder, natural gas, roasting mode

Проведена работа по изысканию возможности совместной переработки упорных и неупорных руд Кальмакырского месторождения. Этот способ включает в себя флотацию труднофлотируемых минералов меди, не извлекаемых в ксантатном цикле. В результате этой флотации получается промежуточный продукт, железный концентрат, по содержанию меди, близкий к исходной руде и содержащий от 25 до 30% железа.

Химический состав пробы приведен в табл. 1.

Таблица 1
Химический состав концентрата, %

Cu	Zn	Pb	Fe	Si ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	S _{общ}
0,75	0,09	0,15	27,48	30,20	5,8	3,52	0,36

Сделан минералогический анализ концентрата с целью выяснения форм соединений железа и меди. Согласно анализу минералы железа в концентрате представлены преимущественно окислами Fe₂O₃ и Fe₃O₄ и гидроокислами – FeOOH, FeOOH·H₂O; FeOOH·nH₂O. Для данных минералов характерны тесные взаимные прорастания. Концентрация железа характерна в тонких классах – 100меш и особенно в классе - 200+325 меш.

Минералы меди представлены малахитом, элитом, хризокolloй, халькопиритом и самородной медью. Чаще встречаются малахит и элит.

Все минералы меди встречаются как в свободных зернах, так и в сростках с пороодообразующими минералами и гидроокислами железа.

Кроме химического и минералогического анализов был сделан ситовой анализ концентрата, который приведен в табл.2.

Таблица 2
Ситовой анализ концентрата, %

Размер отверстий сита, мм	Выход класса, %
1,41	-
-1,14+1,19	-
-1,19+0,5	0,4
-0,5+0,246	9,1
-0,246+0,16	23,4
-0,16+0,104	37,2
-0,104+0,074	9,7
-0,074+0,052	2,4
-0,052	17,8
Итого	100,0 г

Средневзвешенный диаметр составляет 0,153 мм.

Как видно из таблицы 2 концентрат является сравнительно тонкодисперсным материалом.

Для создания устойчивой ванны кипящего слоя к концентрату добавлялся коксик крупностью минус 1,5 мм. Количество коксика в разных опытах составляло от 37 до 20% по весу от загружаемого концентрата. Добавка коксика имела также целью полностью исключить возможность спекания восстанавливаемого материала.

Ситовой анализ коксика приведен в табл.3.

Таблица 3
Ситовой состав коксика

Размер отверстий сита, мм	Выход класса, %
1,41	-
-1,14+1,19	1,86
-1,19+0,5	71,5
-0,5+0,246	8,9
-0,246+0,16	6,55
-0,16+0,104	4,68
-0,104+0,074	1,96
-0,074+0,052	-
-0,052	4,58
Итого	100,0 г

Средневзвешенный диаметр крупности коксика составлял 0,69 мм.

Для восстановления концентрата была использована имевшаяся установка непрерывного действия с некоторыми переделками; она показана на рис.1.

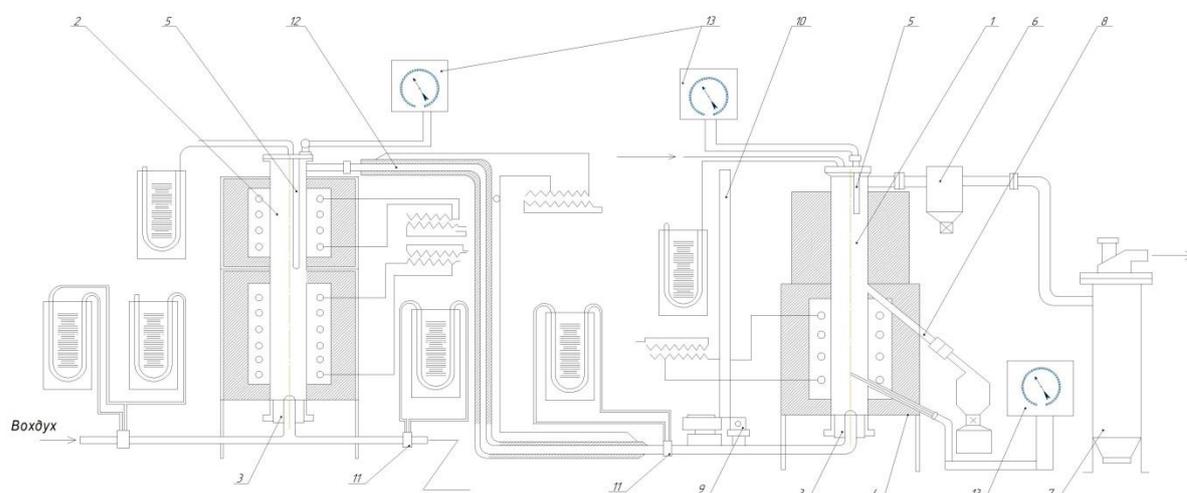


Рис.1. 1-камера конверсии, реактор восстановления материал-сталь IX18H9T, Φ -114 мм); 2. подина; 3-фланец; 4. термопары X.A.; 5. отбор газа для анализа; 6. отбор замера давления; 7. Термопара (платиновая); 8. сливной патрубков; 9. охлаждаемые бункера для выгрузки огарка; 10. пылевая камера; 11, бункера 12. мешочный фильтр; 13, питатель; 14. диафрагма; 15.уравнительная труба; 16. ЭПД.

Для восстановления и создания кипящего слоя использовался конверсированный природный (городской) газ.

Конверсия природного газа осуществлялась воздухом при соотношении газ:воздух от 1:3,25 до 1:2,95.

Природный газ в смеси в воздухом поступал в камеру конверсии, которая представляет из себя цельнотянутую трубу высотой 1500 мм и диаметром 160 мм, изготовленную из стали марки IX18H9T.

Воздушная конверсия осуществлялась при температуре 900-950⁰С в присутствии никелевого катализатора ГИАП-3.

Конверсированный газ отводился из камеры конверсии при температуре 750-800⁰С и по теплоизолированной трубе через диафрагму поступал в реактор восстановления с температурой порядка 150-200⁰С.

Реактор восстановления изготовлен из такой же трубы, что и камера конверсии. Высота реактора -1500 мм, диаметр -100 мм, площадь -0,00785 м².

Для улучшения условий псевдостоения и создания лучшего соотношения размером реактора (площадь к высоте кипящего слоя) высоте кипящего слоя была принята 500 мм. Давление на входе в реактор составляло 150-200 мм вод.ст., а на выходе из реактора давление колебалось в различных опытах от-15 до +30 мм вод.ст.

Температура в реакторе измерялись двумя термопарами: одна находилась на высоте 250 мм от подины, а другая - в верхней части реактора на 400-450 мм книзу от верхней крышки реактора.

Огарок из реактора непрерывно выгружался через течку на высоте 500 мм от подины в водоохлаждаемый бункер.

Отходящие из реактора запыленные газы проходили пылевую камеру, рукавный фильтр и через вентилятор с алюминиевыми лопастями выбрасывались в атмосферу. Пыль собралась в камере и выгружалась периодически.

Загрузка реактора шихтой производилась из уравнильной трубы, установленной над шлюзовым питателем. Шихта транспортировалась в реактор конверсированным газом в нижнюю часть ванны кипящего слоя.

На основании работ, выполненных по восстановлению различных железосодержащих материалов в кипящем слое для восстановления мыльного концентрата была выбрана оптимальная температура 940-950⁰C. Все опыты по восстановлению проводились при данной температуре и при постоянном составе конверсированного восстановительного газа; указанного выше. Выход продуктов восстановительного обжига в различных опытах составлял: огарка 50-70%; пыли 50-30%.

Выход магнитной фракции от загружаемого концентрата составлял от 35 до 40%.

Целью работы являлось, как уже указывалось выше, получение восстановленного огарка (магнитная фракция), содержащего от 40% и выше активного железа, а также наблюдение за поведением меди и ее распределением по продуктам обжига.

Первые два опыта проводились в одинаковых технологических режимах и различались друг от друга по производительности. Продолжительность этих опытов в режиме составляла 6-7 часов. В первом опыте шихта состояла из 37,5% кокса и 62,5% концентрата. Производительность по концентрату составляла 5,2 т/м³ в сутки, а по активному железному порошку, содержащему 38-42% металлического железа 1,8 т/м³ в сутки.

В опыте 2 шихта состояла из 35% кокса и 65% концентрата. Производительность по концентрату составляла 6,4 т/м³ в сутки по активному железному порошку с содержанием 36-38% металлического железа 2,57 т/м³ в сутки.

Результаты опытов приведены в табл.4.

Таблица 4

Фазовый и химический состав магнитной фракции восстановленного огарка, %

№ опытов	№ проб	Fe _{общ}	Fe _{мет.}	Fe в FeO	Cu	C	SiO ₂	Степень восстановления, %
1	1 огарок	62,1	37,8		0,71	4,2	17,40	61,0
	2 огарок	58,2	37,8		0,65	3,8	18,76	65,0
	3 огарок	60,9	41,7		0,66	3,54	18,76	68,80
	4 огарок	64,4	42,0		0,74	2,65	16,0	65,50
2	5 огарок	61,1	36,5	23,5	-	-	-	60,0
	6 огарок	61,6	38,1	24,7	0,86	1,6	21,8	62,0
	7 огарок	68,5	47,9	21,3	0,93	1,5	16,9	70,0

В этих опытах рабочая скорость псевдоожижения составляла 23,5 см/сек. Эта скорость была завышена, что привело к увеличенному пыловыносу, который составил в этих опытах 48-50% от продуктов обжига.

Химический анализ пыли из камеры приведен в табл.5.

Таблица 5
Фазовый и химический состав пыли, %

№ опытов	№ проб	Fe _{общ}	Fe _{мет.}	Fe в FeO	Cu	C	SiO ₂	Степень восстановления, %
1	1 огарок	67,4	37,2	-	0,46	0,22	13,9	55,2
	2 огарок	66,1	37,8	-	0,72	0,2	13,76	57,0
2	3 огарок	67,2	29,8	36,9	0,86	0,2	13,70	44,5
	4 огарок	62,7	29,9	36,9	0,81	0,232	13,95	47,5

Выход меди в магнитную фракцию огарка и пыли составлял в этих опытах 40-45% от общего количества загруженной меди с концентратом.

В последующих опытах с целью полного исключения возможности окисления огарка, в реакторе восстановления поддерживалось давление, что положительно сказалось на показателях по восстановлению. Расход коксика был снижен до 20%, рабочая скорость псевдооживления составляла 18 см/сек. Продолжительность опытов в режиме колебалась от 8,5 до 14 часов. Выход пыли в этих опытах колебался от 34 до 40 %. Высокий выход пыли объясняется главным образом тем, что над слоевое пространство в печи составляло всего лишь 700-800 мм и высота кипящего слоя составляла 500 мм. Однако полученные пыли, содержавшие 34-39% железа и являвшиеся дисперсными (средневзвешенный диаметр около 0,1 мм) были хорошими осадителями меди из сернокислого раствора.

На основе проведенной работы предложен способ получения активного железного осадителя восстановительным обжигом в кипящем слое железного концентрата, полученного при мыльной флотации окисленных руд Алмалыка.

Шихта для восстановления состоит из 20% коксика (средне-взвешенный диаметр 0,7 мм), крупностью – 1мм и 80 % концентрата крупностью – 0,5 мм (средне-взвешенный диаметр 0,153 мм).

Разработан следующий режим обжига: температура 940-950⁰, скорость дутья 19-20 см/сек. Восстановительный конверсированный газ должен содержать не больше 1-1,5% углекислоты, не меньше 16-18% окиси углерода и 30-35% водорода.

Список Литературы:

1. Хакимов, К. Ж., Каюмов, О. А. У., Эшонкулов, У. Х. У., & Соатов, Б. Ш. У. (2020). ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ-ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИИ УЗБЕКИСТАНА В ОЦЕНКЕ ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ ФИЛЬТРАЦИИ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ РУД. *Universum: технические науки*, (12-1 (81)), 54-59.
2. Djurayevich, K. K., Kxudoynazar O'g'li, E. U., Sirozhevich, A. T., & Abdurashidovich, U. A. (2020). Complex Processing Of Lead-Containing Technogenic Waste From Mining And Metallurgical Industries In The Urals. *The American Journal of Engineering and Technology*, 2(09), 102-108.
3. Khasanov, A. S., Eshonqulov, U. X., & Khojiev Sh, T. (2022). Technology for the Reduction of Iron Oxides in Fluidized Bed Furnaces. *Technology*, 6(12), 23-29.



4. Шодиев, А. Н. У., Туробов, Ш. Н., Саидахмедов, А. А., Хакимов, К. Ж., & Эшонкулов, У. Х. У. (2020). Исследование технологии извлечения редких и благородных металлов из сбросных растворов шламового поля. *Universum: технические науки*, (5-1 (74)), 37-40.
5. Эшонкулов, У. Х. У., Олимов, Ф. М. У., Саидахмедов, А. А., Туробов, Ш. Н., Шодиев, А. Н. У., & Сирожов, Т. Т. (2018). Обоснование параметров контурного взрывания при сооружении горных выработок большого сечения в крепких породах. *Достижения науки и образования*, (19 (41)), 10-13.
6. Каюмов, О. А. У., Хакимов, К. Ж., Эшонкулов, У. Х. У., Боймуродов, Н. А., & Норкулов, Н. М. У. (2021). Изучение химического, гранулометрического, фазового состава золотосодержащих смешанных руд. *Universum: технические науки*, (3-3 (84)), 45-49.
7. Eshonkulov, U. K. O. G. L., Shukurov, A. Y., Kayumov, O. A. O. G. L., & Umirzoqov, A. A. (2021). STUDY OF THE MATERIAL COMPOSITION OF TITANIUM-MAGNETIC ORE OF THE TEBINBULAK DEPOSIT. *Scientific progress*, 2(7), 423-428.
8. Эшонкулов, У. Х. У. (2022). ХАРАКТЕРИСТИКА И ТИПЫ ЖЕЛЕЗНЫХ СЫРЬЁ. *BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI*, 2(11), 303-308.
9. Хакимов, К. Ж., Эшонкулов, У. Х., & Умирзоқов, А. (2020). Complex Processing Of Lead-Containing Technogenic Waste From Mining And Metallurgical Industries In The Urals. *THE AMERICAN JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY (TAJET) SJIF-5.32 DOI-10.37547/tajet*, 2(9), 2689-0984.
10. Хасанов, А. С., Хакимов, К. Ж., Шодиев, А. Н., & Эшонкулов, У. Х. (2018). Уран и Золото. *Мухофаза+ Ижтимиойсийосий, илмий-амалий ва бадий журнал*, (01 (157)), 13.
11. Хасанов, А. С., Эшонкулов, У. Х., & Каюмов, О. А. (2023). ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СЫРЬЁ И РУДЫ. *BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI*, 3(4), 291-298.
12. Хасанов, А. С., & Эшонкулов, У. Х. (2023). ПОДГОТОВКА ИСХОДНОГО ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ К ПЕРЕРАБОТКЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ. *ARXITEKTURA, MUHANDISLIK VA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR JURNALI*, 2(4), 34-46.
13. Eshonqulov, U. K. O. G. L., Umirzoqov, A. A., Khodjakulov, A. M., & Quziyev, H. J. (2021). DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SCHEME OF SAMPLE ENRICHMENT TITANIUM-MAGNETIC ORE OF THE TEBINBULAK DEPOSIT. *Scientific progress*, 2(7), 407-413.



14. Эшонкулов, У. Х., & Турдиев, Ж. Н. (2023). ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ. *ARXITEKTURA, MUHANDISLIK VA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR JURNALI*, 2(1), 32-36.
15. Эшонкулов, У. Х., Хасанов, А. С., & Хужакулов, А. М. (2022). НОВЫЕ СПОСОБЫ ОБОГАЩЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ И ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД. In *Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья* (pp. 119-125).
16. Abdurashid Khasanov, & Uchkun Eshonkulov. (2023). STUDY OF METHODS OF IRON SEPARATION FROM IRON-CONTAINING RAW MATERIALS. *Best Journal of Innovation in Science, Research and Development*, 2(11), 119–123. Retrieved from <https://www.bjisrd.com/index.php/bjisrd/article/view/818>
17. Каюмов, О. А. У., Хакимов, К. Ж., Эшонкулов, У. Х. У., Боймуродов, Н. А., & Норкулов, Н. М. У. (2021). Изучение химического, гранулометрического, фазового состава золотосодержащих смешанных руд. *Universum: технические науки*, (3-3 (84)), 45-49.
18. Xudaynazar o'g'li, E. U., Kudratullayevna, K. S., Tashtemirovich, B. B., & Qodir o'g'li, H. D. (2023). TIKLANGAN KUYINDI MAGNITLI FRAKSIYASINING SEMENTLOVCHI XUSUSIYATINI TEKSHIRISH. *BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI*, 3(11), 1-7.
19. Xudaynazar o'g'li, E. U., Kudratullayevna, K. S., Tashtemirovich, B. B., & Qodir o'g'li, H. D. (2023). TEMIR TARKIBLI XOM ASHYOLAR TARKIBINI VA ULARDAN TEMIR AJRATIB Olish USULLARINI O'RGANISH. *ARXITEKTURA, MUHANDISLIK VA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR JURNALI*, 2(10), 29-37.
20. Турдиев, Ш. Ш., & Эшонкулов, У. Х. (2023). ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ЦИНКОВЫХ ОТХОДОВ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКЕ. *Наука и технология в современном мире*, 2(18), 28-32.
21. Shodiyev, A., Turobov, S., Abdullayev, Z., & Eshonqulov, U. (2023). AN'ANAVIY NIKEL ERITISH JARAYONIDA PAST DARAJADAGI NIKEL SHTEYNI TEMIRNI OKSIDLASH VA UNI SILIKATLI SHLAKLAR SIFATIDA OLIV TASHLASH UCHUN YUQORI HARORATLI ERITISH YO 'LI BILAN YUQORI SIFATLI NIKEL SHTEYNIGA AYLANTIRISH. *Наука и технология в современном мире*, 2(18), 39-42.
22. Турдиев, Ш. Ш., & Эшонкулов, У. Х. (2023). ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КАЛЬМАКЫР». *Наука и технология в современном мире*, 2(18), 33-38.
23. Турдиев, Ш. Ш., & Эшонкулов, У. Х. (2023). СПОСОБЫ ОЧИСТКИ КОНЦЕНТРАТОВ ПЛАТИНОИДОВ И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ. *Наука и технология в современном мире*, 2(18), 23-27.



24. Турдиев, Ш. Ш., & Эшонкулов, У. Х. (2023). РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКА КОНЦЕНТРАТОВ ЧЕРНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ХВОСТОВ МОФ-1 И МОФ-2 С КОМПЛЕКСНЫМ ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ. *Наука и технология в современном мире*, 2(18), 43-47.
25. Eshonqulov, U. X. (2023). TEMIR TARKIBLI XOM ASHYODAN VA MA'DANLARDAN TEMIRNI AJRATIB OLISHNING TEXNOLOGIK O'LCHAMLARINI TADQIQ QILISH VA ANIQLASH. *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности*, 1(2), 64-69.
26. Эшонкулов, У. Х., Каюмов, О. А., & Хакимов, К. Ж. (2022). Изучение Технологии Прямого Восстановления Железа. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 3(11), 151-156.
27. Eshonqulov, U. (2023). TEMIR TARKIBLI XOM ASHYODAN VA MA'DANLARDAN TEMIRNI AJRATIB OLISHNING TEXNOLOGIK O'LCHAMLARINI TADQIQ QILISH VA ANIQLASH. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(01).