

ПОДГОТОВКА К ОБОГАЩЕНИЮ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА

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

С целью получения порошкообразного железного осадителя для цементации меди в комбинированном процесса Мостовича была выполнено исследование по восстановительному обжигу в кипящем слое негранулированных притных огарков (смесь циклонной пыли, огарка и пыли электрофильтров) получаемых в процессе обжига пиритного концентрата в кипящем слое

В результате проведенных исследований из технологической схемы получения активного железного порошка исключен узел грануляции исходного материала.

Abstract

In order to obtain a powdered iron precipitant for cementation of copper in the combined Mostovich process, a study was carried out on reduction roasting in a fluidized bed of non-granulated fine cinders (a mixture of cyclone dust, cinder and electrostatic precipitator dust) obtained in the process of roasting a pyrite concentrate in a fluidized bed

As a result of the research, the source material granulation unit was excluded from the technological scheme for obtaining active iron powder.

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

В МОФ-1, разрабатывался процесс получения активного железного осадителя восстановительным обжигом в кипящем слое для цементации меди в комбинированном процессе переработки окисленных медных руд Алмалыка.

Восстановительный обжиг в кипящем слое позволяет непосредственно из обжиговой печи получать не губчатое, а порошкообразное железо. Это значительно упрощает схему магнитной сепарации восстановленного продукта, так как исключается операция предварительного измельчения.

Для опытов по восстановлению были испытаны газообразные восстановители: генераторный газ, полученный в лабораторном генераторе кипящего слоя, газификацией угля; смесь генераторного газа и водорода, содержание которого в газовой смеси составляло 15-20%; природный газ (метан) и, наконец, конверсированный природный газ, используемый в Алмалыке.

Ввиду того, что исходный железосодержащий материал (циклонная пыль от обжига в печах кипящего слоя) был тонкодисперсным в исследованиях до 2022 г. применялось



предварительное укрупнение (окатывание) его, с использованием в качестве связующей добавки бентонита.

Целью настоящей работы являлось проверить возможность использования для восстановительного обжига вв. кипящем слое негранулированного материала, относительного тонкого гранулометрического состава. Наличие такой возможности значительно упростило и удешевило бы технологическую схему получения активного железного порошка.

Кроме того, в виду в настоящей работе уточнить показатели по производительности процесса и по степени восстановления негранулированного материала, за счет повышения температуры процесса.

В настоящее время в Алмалыке и за границей разработано несколько способов прямого получения железа из руд и пиритных огарков.

В Мексике работает завод «Хаялата и Ламина», на котором восстановлению подвергаются местные богатые руды (66 %Fe). Применяется периодический процесс Хида, в котором восстановителем служит горячий природный газ, подвергнутый предварительно конверсии. Температура процесса восстановления 870-1040⁰С, крупность руды от 2,5 до 25 см, степень восстановления 90% (5).

Как уже указывалось выше в работе для опытов по восстановлению использовалось смесь продуктов обжига пиритного концентрата МОФ-1. Содержание циклонной пыли в смеси составляло 80-90%, так как печи КС по обжигу в виде пыли из циклонов. Химический состав, использованного для опытов по восстановлению материала, приведен в таблице 1. Опыты по восстановлению МОФ-1 пиритного огарка не проводились из-за отсутствия материала, так как обжиг пирита печак давал нехарактерный продукт.

Таблица 1

Химический состав материала, использованного для опытов
по восстановлению

Компоненты	Содержание в %
Fe	50,4
Cu	0,35
Zn	0,36
S _{общ}	0,70
SiO ₂	13,0
CaO	0,35
MgO	0,12
Al ₂ O ₃	4,2

Как видно из табл.1 исходное сырье для опытов содержит 50,4% Fe, в то время как использованная в предыдущих опытах гранулированная циклонная пыль содержала 52,5% Fe, содержание серы в исходном сырье составляет 0,7%, по сравнению с 1,64% серы в циклонной пыли предыдущих опытов.

В табл.2 приведен ситовой состав материала для опытов.

Таблица 2

Ситовой состав материала для опытов по восстановлению

Размер сита, меш	Размер зерен, мм	Выход класса в %	
		частный	суммарный
+14	+1	0,9	0,9
-14+35	-1+0,5	2,2	3,1
-35+60	-0,5+0,246	5,65	8,75
-60+90	-0,246+0,16	13,70	22,45
-90+150	-0,16+0,104	18,40	40,85
-150+200	-0,104+0,074	27,35	68,20
-200+250	-0,074+0,052	17,20	85,40
-250	-0,052	14,55	99,95
Итого:		99,5	

Средне –взвешенный диаметр зерен материала для опытов составляет на основе ситового анализа, приведенного в табл.2, 0,14 мм. Для опытов по восстановительному обжигу он был использован без предварительного окатывания.

Известно несколько методов разложения природного газа: 1. термическое разложение метана; 2. паровая конверсия метана; 3. частичное окисление (конверсия) метана; 4. комплексная конверсия метана с получением ацетилена и водорода. Вышеперечисленные методы подробно описаны в отчете АГМК за 2021 г. (1)

В настоящем исследовании по восстановительному обжигу в кипящем слое газ получали за счет частичного окисления (конверсии) метана воздухом, так как данный способ являлся в условиях лаборатории наиболее простым.

На рис.1 даны кривые изменения состава продуктов сжигания метана в зависимости от соотношения воздух: газ. График охватывает область от $\alpha=1$ до $\alpha=0,25$. Из графика видно, что при $\alpha=1$ содержание водорода и окиси углерода равно нулю, так как имеет место полное сгорание метана с образованием углекислоты и паров воды (8).

В работах. камера конверсии высотой 2200 мм была заменена более низкой камерой – высотой 1500 мм, а диаметр был увеличен с 104 до 115 мм.

Печь (реактор) восстановления диаметром 104 мм и площадью 85 см^2 была заменена печью диаметром 115 мм и площадью подины – 102 см^2 .

Кроме того, циклон был заменен пылевой камерой. Все указанные изменения, осуществленные на установке, улучшили её работу.

Загрузка материала производилась снизу при помощи шлюзового питателя.

Схема нижней загрузка показана на рис.1. Пневмотранспорт шихты в печь восстановления осуществлялся конверсированным восстановительным газом.

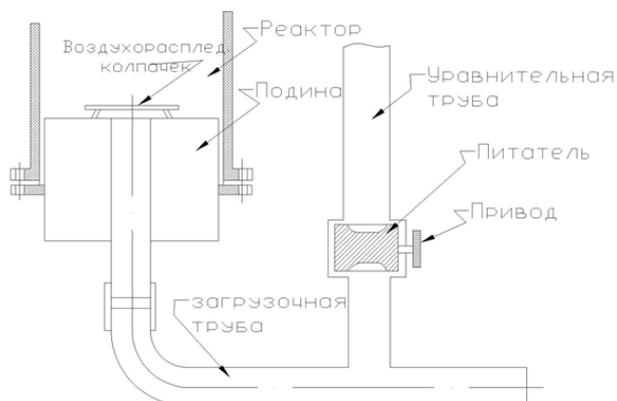


Рис. 1 Схема подачи материала в печ

В результате проведенных в 2020 и 2021 гг. укрупненно-лабораторных опытов был найден эффективный способ предотвращения спекания восстановленного железа, наступающего при температурах выше 800-850⁰С. Этот способ заключается в добавке и гранулированной пыли кокса, крупность которого была от 2 до 0,5 мм при крупности гранул 0,8 мм. Кокс выполнял роль разрыхлителя и в процессе не участвовал, так как восстановительный газ не содержал кислорода, а содержание углекислоты было незначительным (от 0,6 до 1,2%).

Были также определены оптимальные в лабораторных условиях высота кипящего слоя, составлявшая 1500мм; расход воздуха 6 нм³/час; расход природного газа -1,7 нм³/час, давление газовой смеси при входе в камеру конверсии – 1300-1500 мм вод столба.

Ввиду того, что в настоящем исследовании опыте по восстановлению проводились без предварительного окатывания материала, необходимо было создать ванну кипящего слоя из более крупного материала, чем восстанавливаемый для того, чтобы проверить возможность задержки более тонкого материала в ванне кипящего слоя из более крупного. В качестве крупного материала был выбран кокс.

Было установлено, что необходимая крупность кокса составляла минус 1,0-1,5 мм. Расход воздуха в опытах был 3,9-4,2 нм³/час; расход природного газа 1,3-1,5 нм³/час.

Изменение состава и крупности катализатора в камера конверсии (катализатор ГИАП-3) позволило понизить температуру процесса конверсии до 900-950⁰ и давление газовой смеси на входе в камеру конверсии, которое составило 950-1000 мм вод.столба.

Так как крупность кокса для опытов была 1,0-1,5 мм, а восстанавливаемого материала - 0,6 мм, -99%, пробы восстановленного огарка просеивались через сито – 0,6 мм с целью отделения кокса, который использовался в качестве оборотного продукта.

Пробы огарка (-0,6), пыль из пылевой камеры и пыль мешочного фильтра подвергались ручной магнитной сепарации, и магнитная фракция после измельчения анализировалась для определения Fe_{общ}; Fe_{мет}; Fe, связанное в виде FeO и других компонентов.

В таблице 1 приведены результаты опытов по восстановлению в кипящем слое. Состав шихты во всех опытах был следующий: 40% кокса и 60% восстанавливаемого материала смеси пиритного огарка и пыли.

В таблицах 3,4 приводятся химически и фазовый анализы продуктов восстановления.

Таблица 3

Химический состав железного порошка (магнитная фракция)

Компоненты	Содержание, %
Железо общее	65,1
Медь	0,60
Цинк	0,29
Сера общая	0,55
Углерод	0,70
Кремнезем	8,52
Глинозем	0,83
Окись кальция	1,55
Окись магния	0,97
Итого:	79,11

Таблица 4

Фазовый состав железного порошка

Компоненты	Содержание, %
Железо металлическое (активное)	60,0
Железо окисное	Нет
Железо закисное	3,4
Железо сульфидное	Нет
Итого	63,4

Таблица 5

Ситовой анализ использованного кокса

Размер сита, меш	Размер зерна, мм	Выход класса %	Суммарный выход, %
+14	+1	-	-
-14+35	-1+0,5	38,6	38,6
-35+60	-0,5+0,246	28,6	57,20
-60+90	-0,246+0,16	15,25	82,45
-90+150	-0,16+0,104	6,0	88,45
-150+200	-0,104+0,074	4,45	92,90
-200+250	-0,074+0,052	2,15	95,05
-250	-0,052	4,85	99,90
		99,9	

Средневзвешенный диаметр зерен – 0,44мм.

Таблица 6

Ситовой анализ шихты

Размер сита, меш	Размер зерна, мм	Выход класса %	Суммарный выход, %
+14	+1	0,45	0,45

-14+35	-1+0,5	16,80	17,85
-35+60	-0,5+0,246	15,20	32,24
-60+90	-0,246+0,16	15,35	47,80
-90+150	-0,16+0,104	13,40	61,20
-150+200	-0,104+0,074	16,70	77,90
-200+250	-0,074+0,052	11,75	89,65
-250	-0,052	10,20	99,85
		99,85	

Таблица 7

Ситовой анализ пыли из пылевой камеры
(магнитная фракция)

Размер сита, меш	Размер зерна, мм	Выход класса %	Суммарный выход, %
+14	+1	-	-
-14+35	-1+0,5	1,0	1,0
-35+60	-0,5+0,246	4,9	5,9
-60+90	-0,246+0,16	13,5	19,4
-90+150	-0,16+0,104	25,4	44,8
-150+200	-0,104+0,074	27,8	72,6
-200+250	-0,074+0,052	13,2	85,8
-250	-0,052	14,2	100,0
		100,0	

Средние-взвешенный диаметр зерен - 0,12 мм.

При цементации железным порошком (огарком) результаты также ниже, чем с железной стружкой в связи со значительно большей крупностью огарка по сравнению со стружкой крупностью минус 0,2 мм, 100%.

На основе результатов опытов, проведенных на укрупненно-лабораторной установке непрерывного действия установлена возможность осуществления процесса восстановительного укрупнения весьма тонкого материала, из смеси пиритных огарков и пылей (продуктов обжига пиритного концентрата в печах КС).

Уточнены режим и показатели восстановительного обжига не гранулированного материала:

а) крупность кокса для создания ванны кипящего слоя составила минус 1,5-1,0 мм при средневзвешенном диаметре зерен 0,5 мм; восстанавливаемый материал имел средневзвешенный диаметр зерен 0,12-0,15 мм;

б) оптимальная температура в кипящем слое в зависимости от активности и крупности. Получаемого железного порошка составляет 940-980⁰;

в) производительность процесса по активному железному порошку в зависимости от температуры составляет 2,6-3,7т/м² в сутки;

г) выход неотмагниченных твердых продуктов обжига составляет: огарка -70-75,5%, пыли из камеры – 21,0 -25%, пыли из мешочного фильтра – 4,42%. Выход магнитной фракции огарка составляет пыли 75%.



Удельный расход газа по сравнению с предыдущими опытами снизился и составил 1290 нм³ на 1 тонну железного порошка.

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 СЫРЬ. *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).