

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОБЖИГА СУЛЬФИДНЫХ РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ В ПЕЧИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Рузиев Улугбек Нематович

главный инженер НПО АО "Алмалыкский ГМК",
Узбекистан, Ташкентская область, г. Алмалык

Гуро Виталий Павлович

зав. лабораторией «Металлургические процессы и материалы»,
Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: vpguro@gmail.ru

Эрназаров Умид Рустамович

начальник отдела инвестиционных проектов, НПО АО "Алмалыкский ГМК",
Узбекистан, Ташкентская область, г. Алмалык

Расулова Ситорабону Нормуродовна

докторант, Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: sitora_r91@mail.ru

Адинаев Хайитали Файзуллаевич

научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан,
Узбекистан, г. Ташкент

DEVELOPMENT OF SULFIDE ORE MINERALS FIRING IN FLUIDIZED BED FURNACE METHOD

Ulugbek N. Ruziev

Chief Engineer of Scientific-Production Association of JSC "Almalyk MMC",
Uzbekistan, Tashkent region, Almalyk

Vitaliy P. Guro

Manager of lab of «Metallurgical processes and materials»
Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,
Uzbekistan, Tashkent

Umid R Ernazarov

Head of Investment Projects Department, Scientific-Production Association, JSC "Almalyk MMC",
Uzbekistan, Tashkent region, Almalyk

Sitorabonu N Rasulova

Doctoral student Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences
Uzbekistan, Tashkent

Xayitali F. Adinayev

Scientific researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Шихта гранулирования молибденитового концентрата содержит 8-10% каолина, снижающего содержание Мо в огарке. Замена каолина на органическое связующее устраняет недостаток, но приводит к слипанию гранул в барабанной печи. С целью предотвращения слипания гранул, предложена замена ее на печь кипящего слоя (КС). Гранулы обжигали в лабораторной печи КС, контрольные – в барабанной печи ЦПРМ.

Разработано полимерное связующее торговой марки «СК», альтернативное каолину, с режимом обжига в печи кипящего слоя, взамен барабанной печи. Его применение обеспечит большее содержание Мо в огарке, лучшее извлечение Мо и Ре из него, а также меньшее содержание серы в огарке, меньшие затраты времени на обжиг: 1 ч вместо 7 ч в существующей барабанной печи.

ABSTRACT

The granulation mixture of molybdenite concentrate contains 8-10% kaolin, which reduces the content of Mo in the cinder. Replacing kaolin with an organic binder eliminates the disadvantage, but leads to the sticking of granules in a drum oven. To avoid sticking together, it was proposed to replace it with a KS furnace. The granules were fired in a laboratory furnace KS, control - in a drum furnace CPRM. A binding of trade mark SC, an alternative to kaolin, with a firing regime in a fluidized bed furnace, instead of a drum furnace, was developed. Its application will provide a higher content of Mo in the cinder, a better extraction of Mo and Re from it, as well as lower sulfur content in the cinder, less time required for firing: 1 hour instead of 7 hours in an existing drum furnace.

Ключевые слова: огарок, молибденитовый концентрат, органическое связующее, каолин, шихта гранулирования.

Keywords: cinder, molybdenite concentrate, organic binder, kaolin, granulation mixture.

Введение. В АО «Алмалыкский ГМК» для окислительного обжига молибденитового концентрата (МОК) применяется барабанная печь. Недостатком ее является низкая производительность. Известны конструкции, пришедшие в мире ей на смену: подовые печи и печи кипящего слоя (КС) [1]. Из-за пыления сульфидных руд при обжиге и потери сырья предварительно их окомковывают [2]. В качестве связующего гранулирования традиционно применяют бентонит и каолин, но в последние годы сообщается об органических связующих в производстве окатышей из железорудных концентратов [3-6] и МОК [7].

В связи с недостатками вышеуказанной технологии АО «Алмалыкский ГМК» [8-9]: разубоживание огарка промышленного молибденового продукта по молибдену из-за введения в шихту 8-10% каолина, закономерен интерес к альтернативной технологии, лишенной этих недостатков: с применением органического связующего и печи КС, взамен барабанной.

Предварительные исследования показали, что замена каолина на водорастворимый полимер [10] обогащает огарок молибденом и повышает перевод рения в газовую фазу [11]. Обязательным условием ее реализации стал отказ от барабанной печи, из-за ее низкой производительности и склонности безкаолиновых гранул к спеканию, в пользу печи КС.

Цель исследования: стала разработка пилотной печи КС для испытания новой «безкаолиновой» технологии производства Мо огарка и набора

статистики для технического задания на проектирование промышленной установки. **Задачи исследования:** 1) опробование технологии в лабораторной печи КС; 2) на основе полученных данных изготовление пилотной печи КС.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования стала шихта МОК состава, %: Мо 36,10; Ре 0,055; Cu 1,57; S 28,73 со связующими: полимером СК [12-13] и каолином. Рентгенофазовый контроль - на EMPYREAN XDR с проведением измерений «на просвет» и с зондом элементного анализа. Использовали сканирующий электронный микроскоп SEM-EDS EVO-MA Carl Zeiss, Oxford Instrum.

Результаты и их обсуждение. Гранулирование ее провели в АО «Алмалыкский ГМК», получив контрольную (на основе каолина) и опытную (на основе СК) партии (табл. 1). Время их гранулирования 1 час, полимер СК на тарель гранулятора подавался предварительно разбавленный водой в объемном соотношении 1:6, затем гранулы доводились до диаметра 2-4 мм и прочностной кондиции водой и подавались на сушку и обжиг. Лабораторная печь КС состояла из: кварцевой камеры 150 см³, лабораторных трубчатых печей для предварительного нагрева воздуха/кислорода; компрессора с редуктором; термопар. Режимы обжига в барабанной печи комбината и в печи КС совпадали по температуре (570 °С), но различались по времени: в первом случае - 7 ч, во втором - 1 ч.

Таблица 1.

Состав партий гранул* и тип обжиговой печи оксидации молибденита

№ партии гранул	МОК в шихте, кг / %	Каолин в шихте, кг / %	Полимер в шихте, кг / %	Вода, л (т:ж 6:1)	Тип печи обжига
№1	6000/92,0	480/8,0	-	1000	Барабан
№2	0,05/98,0	-	0,00100/2,0	0,0083	КС

* - Примечание: состав шихты – в пересчете на сухую массу компонентов

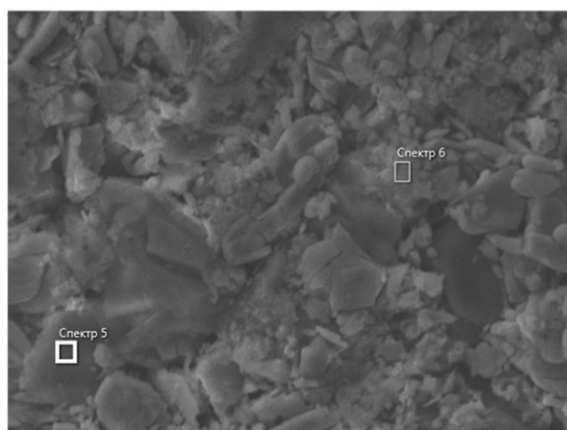
Таблица 2.

Состав огарка промпродукта, полученного после обжига гранул из табл.1

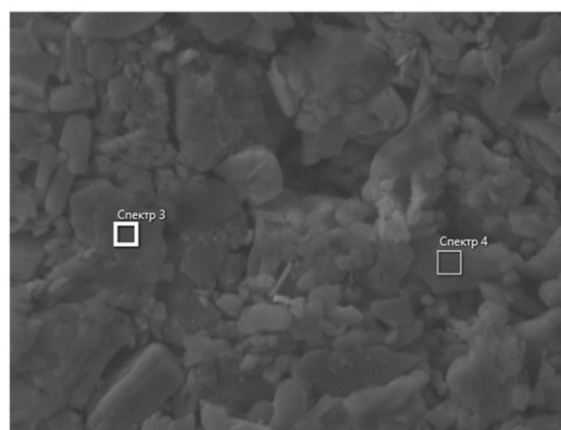
№ партии гранул	Mo	Re	Сера из MoS ₂	Степень окисления Mo
1	33,21	0,016	0,70	96,8
2	35,84	0,008	0,72	97,5%

После обжига пробы проанализированы (Perkin-Elmer 3030B и ICP-Alient 7500 ICP) (табл. 2).

Поверхность гранул отсканирована (SEM ZEISS EVO MA10, CarlZeiss Group) (рис. 1).



№1



№2

Рисунок 1. Электронная микроскопия поверхности огарка партий №1 и №2.

Из данных локального рентген-флюоресцентного микроанализа партии №1 следует, что добавка в шихту МОК 8% каолина обезубоживает материал по молибдену, по сравнению с образцами партии №2, в материале которой ополимер СК сгорал при обжиге, образуя пористую структуру, способствующую большей степени окисления молибденита до MoO₃. Этот вывод подтвержден электронной микроскопией участков поверхности (рис. 1) и данными об относительно большей пористости огарка из безкаолиновой шихты, полученными методом сорбции газообразного азота и паров воды [14].

Пилотная печь КС создана в ИОНХ АН РУз и установлена в НПО АО «Алмалыкский ГМК» для совместных исследований режимов обжига (рис. 2).

Она содержит: - реактор в виде вертикальной теплоизолированной трубы с съёмным дном-вставкой, имеющий патрубки с фланцами для подачи горячего воздуха снизу и его вывода с обработанным порошком в циклон сверху; - фланец-заглушку сверху реактора для обеспечения технического доступа; - устройство загрузки гранул порошка сульфидного концентрата сбоку, закрываемое толсто-стенным кварцевым стеклом; - двухслойную

сетчатую поверхность под дном-вставкой реактора для прохождения горячего воздуха через слой гранул порошка концентрата сульфидных руд; - воздухогреющий двухконтурный котел [15].

Печь КС снабжена скруббером для улавливания возгона семиоксида рения Re₂O₇, причем патрубок воздуховода из скруббера возвращается в цикл наддува горелки через регулируемый шибер. Для обеспечения согласования узлов печи, она снабжена электронно-механическим пультом управления с системой измерения температуры в разных частях реактора, изготовленного из нержавеющей стали с крышкой из кварцевого стекла (объем реактора 0,008 м³). Габариты печи КС, мм: 1000x2000x1000, масса 700 кг. Планируется обжит в ней сульфидного сырья на примере молибденитового концентрата, гранулированного с каолином и полимером СК с набором статистики по качеству огарка, согласно TSh 64-23283880-07:2013, ТИ 48-4208-5-24-2002, технико-экономическим показателям, оптимизации режимов для составления технического задания на проектирование промышленной печи КС.

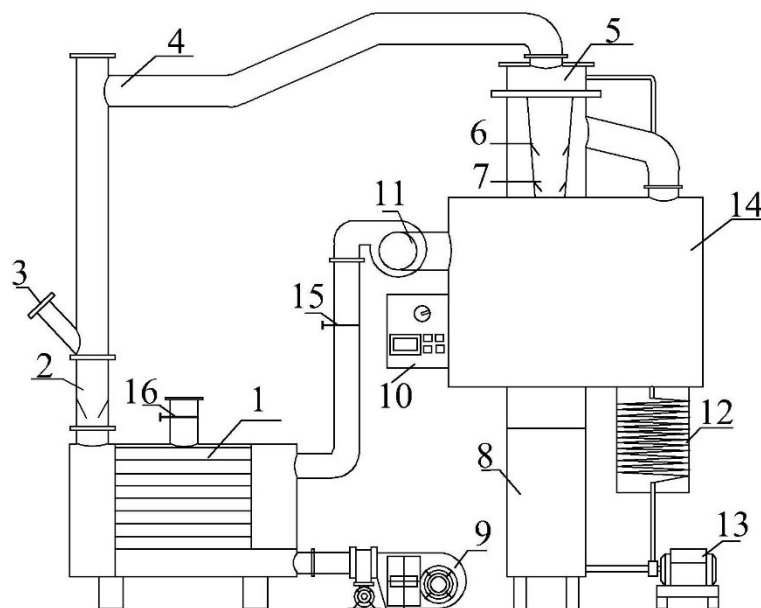
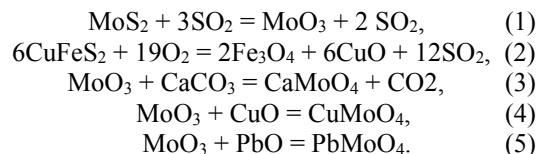


Рисунок 2. Схема установки печи КС. Обозначение:

1. Котел для нагрева воздуха; 2. Рабочая зона печи кипящего слоя; 3. Камера печи кипящего слоя; 4. Трубопровод; 5. Распылитель; 6. Зона охлаждения; 7. Зона охлаждения; 8. Накопительная емкость; 9. Горелка низкого давления природного газа; 10. Щит управления; 11. Наддувная вентиляция; 12. Охладитель отвод жидкости; 13. Насос отвода жидкости; 14. Фильтр; 15. Заслонка подачи воздуха; 16. Заслонка выхлопа продуктов сгорания газа

Для запуска печи первоначально создают в ней кипящий слой из гранул, который разогревают горелкой или подогретым воздухом до зажигания концентрата: 500-510 °С. Затем включают систему питания печи концентратом. Попадая в слой, МОК возгорается, температура повышается и достигает оптимальной температуры обжига 560-570°С. Вследствие близости температур возгорания МОК в КС (500-510 °С) и начала спекания огарка (580-590°С), обжиг проводят при относительно низкой температуре в слое, поддерживаемой в пределах (560-570°С). Иначе, при температуре 650-700°С, растет угроза слипания гранул (огарка) и налипания слоя на стенках печи.

В результате обжига происходят реакции окисления:



Заключение. В итоге, в результате проведенного исследования рекомендовано провести расширенные испытания пилотной установки кипящего слоя и органических связующих в составе шихты МОК. А также набор статистики сравнительной результативности обжига МОК в пилотной печи КС для подготовки технического задания на проектирование промышленной печи.

Список литературы:

1. Коротич В.И. Теоретические основы окомкования железорудных материалов. М.: Металлургия, 1966, 312 с.
2. Пат. 2034055 РФ, МПК6 С 22 В 1/243. Способ получения окатышей из железорудных концентратов / Иванов Н.С., Поддубный А.П., Поддубный А.А. и др.; заявл. 08.07.1992; опубл. 30.04.1995.
3. Пат. 2227165 РФ, МПК6 С 22 В 1/242. Комплексное связующее для производства железорудных окатышей / Арапов Г.И., Черняев В.Ф.; заявитель и патентообладатель ЗАО «АВА»; заявл. 02.07.2003; опубл. 20.04.2004.
4. Quaicoe I., Nosrati A., Addai J. Influence of binder composition on hematite-rich mixed minerals agglomeration behaviour and product properties // Chemical Engineering Research and Design. 2015. Vol. 97. P. 45–56. DOI: 10.1016/j.cherd. 2015.02.021
5. O. Sivrikaya, A.I. Arol. Pelletization of magnetite ore with colemanite added organic binders // Powder Technology, 210 (1): -P.23–28.-2011. DOI: 10.1016/j.powtec. 2011.02.007.
6. Binder composition for agglomeration of fine minerals and pelletizing process. Patent WO 2013010629 A1 (CA2842457A1), Stefan Dilsky, Clariant International Ltd, Clariant S. A. Brazil, Claim reg. PCT/EP2012/002785, Prior. July 21, 2011, Publ. Jan 24, 2013.

7. Патент RU 2353678. Способ окомкования сульфидных молибденитовых концентратов. С1 МПК; С22В1/244 (2006.01); Заявка: 2007125956/02, 10.07.2007;
8. Зеликман А.Н. *Металлургия тугоплавких редких металлов*. М.: *Металлургия*, 1986, 440 с. (стр.104-105).
9. TSh 64-23283880-07:2013. Огарок промышленного продукта молибденового. - Ташкент: *Узстандарт*, 2013.
10. Патент на изобретение UZ IAP 06177 С от 23.01.2020. Гуро В.П., Сафаров Е.Т., Ибрагимова М.А. и др. Заявитель ИОНХ АН РУз. Способ окомкования сульфидных молибденитовых концентратов. Заявка IAP20170198 от 26.05.2017. С22В1/244 (2006.01).
11. Гуро В. П., Юсупов Ф. М., Сафаров Е. Т., Рахматкариева Ф. Г. Выбор оптимального связующего для гранулирования молибденитового концентрата // *Цветные металлы*. - 2016. - №2 DOI: 10.17580/tsm.2016.02.11
12. TSh 23766064-05:2017 «Полимеров СК водные растворы. Технические условия». *Узстандарт*. Ташкент - 2017.
13. Сафаров Е.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Модификация полимерного связующего – компонента шихты гранулирования молибденитового концентрата // *Узбекский химический журнал*. – 2016.-№5.- С.48-54.
14. Сафаров Е.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Модификация полимерного связующего – компонента шихты гранулирования молибденитового концентрата // *Узбекский химический журнал*. – 2016.-№5.- С.48-54.
15. Рузиев У.Н., Гуро В.П., Адинаев Х.Ф., Эрназаров У.Р. Пилотная печь кипящего слоя для обжига сульфидных рудных минералов. *Горный вестник Узбекистана* № 2 (81) 2020. – С. 50-53.