«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Горно-металлургического института Таджикистана,
доктор экономических наук, профессор
_____ Бахтиёр Махмадали
«27» 09 2024г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по диссертационной работе Рахимова Хаеткула Шифокуловича на тему: ***«Разработка эффективной технологии производства сурьмы из сурьмяно-сульфидных концентратов»*** на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.00-Химическая технология (05.17.01-Технология неорганических веществ).

Рассмотрев диссертационную работу Рахимова Х.Ш. на тему: ***«Разработка эффективной технологии производства сурьмы из сурьмяно-сульфидных концентратов»*** на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.00-Химическая технология (05.17.01-Технология неорганических веществ), Горно-металлургический институт Таджикистана даёт следующее заключение:

Личное участие соискателя в получении результатов заключается в:

- ✓ исследовании химического и минералогического состава сульфидно-сурьмянного концентрата;
- ✓ разработке современных способов механоактивации;
- ✓ выявлении оптимальных режимов процесса механоактивации: соотношении массы концентрата к массе шара, оптимальное время процесса.
- ✓ выявлении кинетики выщелачивания и влиянии температурного режима, концентрации растворителя, соотношении объема растворителя к концентрату, изучении оптимизации процесса извлечения с изменением pH- среды, скорости перемешивания для растворения хлорида сурьмы;
- ✓ изучении термодинамических характеристик процесса хлорирующего обжига с хлоридом натрия;
- ✓ разработке технологических схем переработки сульфидных сурьмяных концентратов.

Достоверность и новизна научных результатов, выводов и практических рекомендаций. Достоверность результатов работы обусловлена и подтверждена

использованием современных методов физико-химического исследования.

Работа выполнена с применением ряда современных методов исследования: минералогический состав местных руд анализирован методами оптической (Поляризационный микроскоп LEICA DM4500 P, видеокамера Leica DFC 490 и программное обеспечение для анализа изображения минералов и концентратов) и электронной микроскопии (микроскоп Tescan VEGA 3 LMH); дифрактометрии (дифрактометр Bruker D2 PHASER, программное обеспечение DIFFRACplus TOPAS и DIFFRAC.EVA); химический анализ концентрата проведён методом искровой масс-спектрометрии индуктивно-связанной плазмы (ИСП-МС) с помощью масс-спектрометра с двойной фокусировкой JMS-BM-2 (Япония); рентгенофазовым методом (Дрон-3.0 Cu-анод; Ni-фильтр) и рентгенофлюоресцентным методом (анализатор RFA-DX-2800M).

Научная новизна работы заключается в том, что:

- определены оптимальные условия метода механической активации сульфидно-сурьмяных концентратов ТА ООО СП «Анзоб» Джиджикрудского месторождения, способствующие повышению вскрываемости концентратов и извлечению сурьмы почти в два раза;

- проведен термодинамический анализ основных химических процессов, протекающих при хлорирующем обжиге сульфидно-сурьмяных концентратов.

- разработан и осуществлён процесс хлорирующего обжига механоактивированных сурьмянистых концентратов хлоридами натрия и кальция. Определены оптимальные условия проведения процесса при пониженных температурах 450-500ºС по сравнению с практическим прототипом (1100-1200ºС);

- определены оптимальные физико-химические критерии для реакций сернокислотной переработки продуктов в хлорирующем обжиге концентратов сурьмы, способствующих максимальным извлечениям сурьмы в продуктивные растворы;

- проведена разработка обобщённых усреднённых технологических схем для хлорирующего обжига концентратов сурьмы и дальнейшего выщелачивания полученных продуктов серной кислотой;

- определён оптимальный режим получения кондиционного металла сурьмы из раствора сульфата сурьмы (III).

Показана возможность применения хлорирующего обжига при переработке сульфидных сурьмяных концентратов и выявлено низкотемпературное прохождение этого процесса. Раскрыт механизм хлорирующего обжига. Выявлены оптимальные условия при низко температурном хлорирующем обжиге.

- ✓ при разных температурах обжига образца в интервале T=300÷700°C (с шагом варьирования ΔT=50°C) и постоянстве соотношения массы концентрата (m_1, г) и хлорида натрия (m_2, г), равное m_1/m_2=4/1 и одинакового времени (τ=120 мин.) выдержки;
- ✓ при одинаковой температуре (T=450°C) и постоянстве соотношения компонентов смеси (m_1/m_2=4/1), но с разным временем выдержки обжига образца (τ, в минутах) от 30 до 210 мин., с шагом Δτ=30 мин.;
- ✓ при разных соотношениях компонентов смеси (m_1/m_2) и постоянстве температуры (T=450°C) и времени выдержки (τ=120 мин.).

Определены что оптимальные условия процесса сернокислотного выщелачивания продуктов хлорирующего обжига сульфидно-сурьмяного концентрата. Наибольшее извлечение и переход сурьмы в раствор (α= 82%) достигается при следующих условиях: температура нагрева раствора 80^0C, скорость вращения мешалки 400 об. /мин., соотношение твердого вещества к жидкости 1:8, время τ=120 минут, содержания кислоты 180 г/л.

Разработаны способы фильтрации. Установлены оптимальные условия параметров pH-среды фильтрации.

Проведен процесс электролиза. Электролизу подвергнут сульфат сурьмы. Собраны необходимые параметры, влияющие на электролиз. Опробованы варианты зависимости выхода металла по силе тока, напряжения, времени, температуре. Найдены оптимальные критические точки параметров, влияющих на процесс электролиза.

Практическая значимость. Предложен способ переработки сульфидных сурьмяных концентратов ((Малый патент №TJ 1109; Опубл. 12.10.21.-6с). При использовании в качестве хлорирующего агента хлорида натрия в процессе обжига, в последующем в процессе выщелачивания из раствора выщелачивания выделяют сульфат натрия. Разработанные технологические схемы переработки сульфидных сурьмяных концентратов могут быть использованы на металлургических предприятиях.

Полученный по предложенному Способу переработки механоактивированных сульфидных сурьмяных концентратов (Малый патент №TJ 1206; Опубл. 12.09.2021 г.- 8 с.) предлагается для нужд металлургического производства.

Полученный по предложенному Способ переработки сульфидных золотосодержащих сурьмянных концентратов (Малый патент №TJ 1423; Опубл. 15.09.2023 г.-10с.) предлагается для нужд металлургического производства.

Полученные данные о производстве сурьмы пополняют информационную базу научных, учебно-исследовательских библиотек.

Научная специальность указанной работы соответствует специальности 05.17.00-Химическая технология (05.17.01-Технология неорганических веществ) по следующим пунктам:

п.1. Химические и физико-химические основы технологических процессов: химический состав и свойства веществ, термодинамика и кинетика химических и межфазных превращений (*Переработка концентрата с сульфидной формы в хлоридную. Шихта подготовка, перемешанные концентраты с натрий и кальций хлором. Расчеты термодинамических характеристик процесса низкотемпературного хлорирующего обжига и кинетические параметры выщелачивания сульфидных сурьмяных концентратов).*

п.2. Явления переноса тепла и вещества в связи с химическими превращениями в технологических процессах *(Изучение процессов взаимодействия сульфидных сурьмяных концентратов с различными солями щелочных металлов и нахождение оптимального положения параметров).*

п.3. Механические процессы изменения состояния, свойств и формы сырья материалов и компонентов в неорганических технологических процессах *(Механическая активация сульфидно-сурьмяных концентратов).*

п.4. Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты *(Предварительная механоактивация, для повышения реакционной способности дальнейших превращений и процессов обжига, выщелачивания огарка, электролиз водных растворов сульфида сурьмы и определение условий проведения процесса электролиза).*

п.6. Способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ (*Сублимация и конденсация соединений сурьмы).*

Полнота изложения материалов диссертации отражена в 37 научных публикациях, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан - 5, ВАК Российской Федерации - 2, ВАК Республики Узбекистан - 3, США – 1, в материалах научных конференций различного уровня – 23, получено 3 (три) малых патента РТ.

Работа прошла апробацию на многих международных и республиканских конференциях.

В заключение необходимо отметить, что исследования в области сурьмяной металлургии являются важным вкладом в развитии науки о производстве металлов и достижение стратегической цели экономики Республики Таджикистан – переходу от аграрного государства к индустриально-аграрном, а также относительно недорогие источники электроэнергии являются надежной основой для развития горно-добывающей и металлургической промышленности республики.

Тема диссертационной работы актуальна, так как направленна на разработку комбинированного низкотемпературного способа переработки сульфидных сурьмяных концентратов, обеспечивающие эффективное и комплексное использование ценных компонентов.

Диссертационная работа по своему содержанию, научной новизне и практической значимости отвечает требованиям ВАК РТ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Рахимов Х.Ш. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Исходя из вышеизложенного, Ученый совет Горно-металлургического института Таджикистана рекомендует диссертационную работу Х.Ш. Рахимова к защите на диссертационном совете 6D.KOA-042 на базе Института химии им. В.И. Никитина НАНТ и Агентства по ХБРЯ безопасности НАНТ.

Работа обсуждена на расширенном заседании кафедры металлургии Горно-металлургического института Таджикистана (протокол №1/1 от «06» 09 2024 года).

Эксперт:

Кандидат химических наук, доцент кафедры металлургии Горно-металлургического института Таджикистана, 02.00.04 -физическая химия

Муминов Усмонджон Абдунабиевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработки месторождений полезных ископаемых» Горно- металлургического института Таджикистана, 05.02.01-Материаловедение

Осими Окил

Почтовый адрес: 735730, г Бустон, ул. Баротова 6, Тел.:(+992 3451) 5-02-89, 5-01-75, факс: (+992 3451) 5-06-34, E-mail: gmit taiikistan@mail.ru, www.gmit.tj.

Подписи к.х.н., доцента Муминов У.А. и к.т.н., доцента Осими Окил *заверяю.*

Начальник УК и СД Горно-металлургического института Таджикистана: *Муминова Д.М.*