



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2602246

(22) 10.03.2026

(46) Бюл. 232, 2026

(71) Горно-металлургический институт
Таджикистана (TJ)

(72) Рахимзода Х.Ш. (TJ); Иноятов Д.Ш. (TJ);

Бадалов А. (TJ); Давлатзода Д.С. (TJ); Ахмедзода
З.П. (TJ)

(73) Рахимзода Х.Ш. (TJ); Иноятов Д.Ш. (TJ);
Бадалов А. (TJ); Давлатзода Д.С. (TJ); Ахмедзода
З.П. (TJ)

(54) **СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВЯННОГО
СУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА**

(56)

1. Ахмедов, Ф.Х., & Мирзаев, Ш.А.
Пирометаллургические методы переработки
станнита. Ташкент: Издательство «Фан», 2015. – 248
с.

2. Патент РФ № 2533294, 2013г., C22B 3/04,
А.С. Медведев., П.В. Александров., И.В.
Александрович., Т. В. Петрович.

3. Патент США US3850620A.
Pyrometallurgical process for producing metallic
copper from copper sulfide concentrates.
Опубликовано: 1974. URL:
<https://patents.google.com/patent/US3850620A/en>

4. Патент РФ № RU 25 920 09 C1 Дитяковский
Л. И., Досмухамедов Н. К., Жолдасбай Е. Е.,
Кабылбеков Ж. Ж. Способ пирометаллургической
обработки сульфидных концентратов олова: пат. РФ

2

№ RU 2592009 C1, заявл. 17.03.2015, опубл.
27.06.2015.

(57) Изобретение относится к области металлургии, в
частности к металлургии цветных тяжёлых металлов,
и может быть использовано для получения меди (Cu)
и олова (Sn) из сульфидных концентратов.

Целью изобретения является разработка более
рационального и эффективного способа извлечения
меди и олова из медно-железо-оловянного
сульфидного концентрата с минимальными
энергозатратами и экологическим воздействием.

Предлагаемый способ основан на
низкотемпературной хлоридной
пирометаллургической обработке концентрата с
добавлением хлорида натрия (NaCl) и подачей
кислорода. Концентрат смешивают с NaCl в
соотношении 4:2, после чего проводят обжиг
полученной смеси при температуре 400-450 °C в
течение 120 минут в присутствии кислорода. В
результате сульфидные соединения меди и олова
преобразуются в водорастворимые хлориды и
оксохлориды CuCl и SnCl₄, а железо переходит в
стабильный оксид Fe₂O₃, который легко отделяется
от металлов. Сера удаляется из системы в виде
сульфатов натрия Na₂SO₄, образующих безопасный и
легко удаляемый шлак.

3

Изобретение относится к области металлургии,
в частности к металлургии цветных тяжёлых
металлов, и может быть использовано для получения
меди (Cu) и олова (Sn) из сульфидных концентратов.

1735

4

Известен способ переработки станнитовых
концентратов [1], включающий флотационное
обогащение и последующую пирометаллургическую
обработку. Концентрат станнита, содержащий

$\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ с примесями ZnS и касситерита, подвергают термической обработке с добавлением флюсов (например, карбоната натрия) при температуре 500–550 °С в течение 1–2 часов. В результате обеспечивается частичное удаление серы и превращение меди и олова в легко извлекаемые формы. Полученные шлаки отделяют от металлов, после чего гидрометаллургическим способом извлекают до 95–98 % олова и 90–95 % меди.

Известен способ переработки сульфидного никелевого сырья [2]. Способ включает шихтовку исходного сырья с хлоридами щелочных металлов (NaCl , KCl) и низкотемпературный обжиг при 350–400 °С в течение 1,5–2 часов. После обжига проводят выщелачивание огарка водой, переводя медь и кобальт в водорастворимые соединения. В результате обжига не только медь и кобальт, но и никель переходят в водорастворимые сульфаты и хлориды.

Известен пирометаллургический способ переработки медных сульфидных концентратов, включающий стадии плавки и конвертирования с получением металлической меди. В частности, в патенте [3] описан процесс, при котором концентрат и флюсы подают в конвертер с пульсирующим продуванием кислородом обогащённым воздухом. При этом образуется высококачественный штейн, который отделяют от шлака, после чего проводят дополнительное выдувание для получения черновой меди.

Процесс обеспечивает эффективное извлечение меди при непрерывной подаче концентрата и управлении режимами плавки и продувки для поддержания температуры и химического состава реакционной ванны.

Известен способ пирометаллургической обработки сульфидных концентратов олова [4], включающий обжиг и плавку концентрата для получения металлического олова и шлаков. Сульфидный концентрат олова (например, касситерит с примесями железа и серы) подвергают термической обработке - обжигу при высоких температурах (обычно 550–900 °С) с подачей восстановителя и флюсов (уголь, карбонаты и др.), в результате чего сульфиды восстанавливаются до металлического олова и легкоплавких фаз.

После обжига проводят восстановительную плавку полученного огарка с отделением металлических фаз от шлаков. Полученный металл далее отделяют и рафинируют для получения олова требуемой чистоты, обеспечивая высокий выход из исходного концентрата.

5

Предлагаемый способ основан на низкотемпературной хлоридной пирометаллургической обработке концентрата с добавлением хлорида натрия (NaCl) и подачей кислорода. Концентрат смешивают с NaCl в соотношении 4:2, после чего проводят обжиг полученной смеси при температуре 400–450 °С в течение 120 минут в присутствии кислорода. В результате сульфидные соединения меди и олова преобразуются в водорастворимые хлориды и оксохлориды (CuCl и SnCl_4), а железо переходит в стабильный оксид Fe_2O_3 , который легко отделяется

В качестве прототипа выбран способ переработки сульфидных концентратов олова [4], включающий термическую обработку касситеритового концентрата с добавлением восстановителя и флюсов для получения металлического олова и отделения шлаков. Концентрат касситерита загружают в печь (например, шахтную или вращающуюся) вместе с углем или другими восстановителями, а также с флюсами (карбонат натрия, кварц) для формирования расплавленной шихты. Процесс проводят при подаче кислородосодержащего дутья, что обеспечивает восстановление SnO_2 до металлического олова и образование шлаков с примесями железа и меди. При этом соблюдаются соотношения компонентов шихты, обеспечивающие оптимальное плавление и отделение металла: отношение содержания флюса (кремнезёма) к содержанию примесей железа - 1,1–1,5; отношение восстановителя (угля) к содержанию SnO_2 - 1,2–1,8; отношение содержания меди к содержанию серы - 0,7–1,2.

Факторы, влияющие на процесс: температура плавки (обычно 550–900 °С); режим подачи дутья; состав концентрата (SnO_2 , Fe , Cu , Zn и другие примеси); количество и тип флюсов и восстановителей; время выдержки и скорость плавления шихты; степень измельчения исходного концентрата и его влажность.

Недостатки прототипа являются высокая температура обжига и плавки (до 900 °С) может приводить к спеканию концентрата и образованию труднорастворимых шлаков, процесс многостадийный, энергоёмкий и трудозатратный, необходим точный контроль температуры и состава шихты для предотвращения потерь олова и перехода примесей в металл, возможное загрязнение металла примесями меди, железа и серы, требующее последующего рафинирования.

Целью изобретения является разработка более рационального и эффективного способа извлечения меди и олова из медно-железо-оловянного сульфидного концентрата с минимальными энергозатратами и экологическим воздействием.

Сущность изобретения заключается в низкотемпературном окислительно-хлорирующем обжиге стannитового концентрата с NaCl с последующим гидрометаллургическим извлечением меди и олова, что обеспечивает высокий выход металлов, снижение энергозатрат и улучшение экологических показателей процесса.

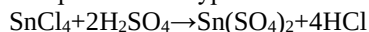
6

от металлов. Сера удаляется из системы в виде сульфатов натрия (Na_2SO_4), образующих безопасный и легко удаляемый шлак.

После пирометаллургического этапа полученные огарок и конденсационный продукт направляют на гидрометаллургическую переработку, включающую сернокислотное выщелачивание раствором H_2SO_4 (120–140 г/л) при температуре 65–70 °С, в результате чего олово переходит в раствор в виде $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$. Полученный раствор используется для электролиза и получения металлического олова

1735

высокой чистоты. Реакция оловянного хлорида с серной кислотой протекает по уравнению:



Основные преимущества предлагаемого способа по сравнению с прототипом: процесс протекает при низкой температуре (400–450 °С), что снижает энергозатраты; обеспечивает образование легко извлекаемых хлоридных форм меди и олова; железо переходит в стабильный оксид Fe_2O_3 , который отделяется от металлов; сульфаты натрия формируют безопасный шлак; процесс сокращает количество стадий рафинирования и трудозатраты; достигается высокое извлечение олова (95–98 %) и меди (90–95 %); используются дешёвые местные минералы (NaCl), что снижает себестоимость процесса; процесс минимизирует экологический ущерб за счёт полного удаления серы из системы и образования легко управляемых побочных продуктов.

Методика проведения эксперимента

Для определения оптимальных условий процесса обжига концентрата с хлоридом натрия проведены серии опытов в трёх режимах:

- при различных температурах обжига образца в диапазоне 250–600 °С с шагом $\Delta T = 50$ °С, при неизменном соотношении массы концентрата (m_1 , г) к массе хлорида натрия (m_2 , г), равном $m_1/m_2 = 4/2$, и постоянном времени выдержки шихты $\tau = 120$ мин;

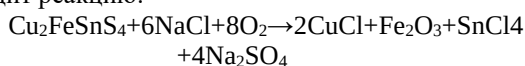
- при изменении времени выдержки обжига образца от 30 до 240 мин с шагом $\Delta t = 30$ мин, при

7

присутствовали сульфидные фазы CuS и FeS , а также оксид железа FeO ; преобладающая форма железа - сульфидная.

После проведения хлорирующего обжига, в зависимости от условий процесса (температуры, времени, доступа кислорода, примесей и соотношения реагентов), взаимодействие оловянного сульфидного концентрата с хлоридом натрия по данным рентгенофазового анализа (Рентгенофазовый анализ на Дрон-3.0, Cu -анод; Ni -фильтр) приводит к образованию фаз SnCl_4 , CuCl и Na_2SO_4 . Эти соединения легко перерабатываются и технологически выгодны.

В присутствии кислорода воздуха в трубчатой печи оловянный сульфидный концентрат с NaCl проходит реакцию:



При соблюдении указанных условий процесс окислительно-хлорирующего обжига протекает при относительно низких температурах, с полным удалением серы из системы, переходом меди и олова в хлоридную форму, а железа - в стабильный оксид Fe_2O_3 , который легко отделяется от металлов.

При соблюдении указанных условий процесс окислительно-хлорирующего обжига проходит при относительно низких температурах с полным удалением серы из системы. Основная часть меди и олова переходит в хлоридную форму, из которой их легко извлечь, а железо переходит в стабильный оксид Fe_2O_3 , который отделяется от металлов.

Для составления материального баланса окислительно-хлорирующего обжига оловянного

постоянной температуре $T = 450$ °С и постоянном соотношении компонентов шихты $m_1/m_2 = 4/2$;

- при различных соотношениях компонентов шихты (m_1/m_2) при постоянной температуре $T = 450$ °С и времени выдержки $\tau = 120$ мин.

Условия проведения опытов в трёх режимах приведены в Таблице 1.

Шихта оловянного сульфидного концентрата с хлоридом натрия, равномерно размещённая в керамической лодочке, помещалась в трубчатую печь Nabertherm RT 50-250/11/B410 (см. Фиг. 2). Печь позволяет проводить опыты, как в горизонтальном, так и в вертикальном положении при температурах до 1100 °С.

С целью установления оптимальных условий экспериментального хлорирующего обжига на собранной установке эмпирическим методом выявлены следующие параметры: температура $T = 400$ °С, время выдержки $t = 120$ минут, содержание NaCl - 50 %.

Предлагаемый способ основан на хлоридной пирометаллургической обработке станнитового концентрата $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ с добавлением NaCl и подачи кислорода.

Фазовый состав концентрата до проведения экспериментов был следующим: основной фазой являлся сульфид $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$, кроме того

8

сульфидного концентрата была разработана экспериментальная установка (см. Фиг. 2), позволяющая улавливать газообразные соединения олова, образующиеся в процессе обжига.

Установка включает трубчатую печь, внутри которой помещён реактор с кварцевой лодочкой, а также систему конденсатора и абсорберов. Исследуемую смесь помещали в кварцевую лодочку, которая затем устанавливалась внутри кварцевой трубки, нагреваемой трубчатой печью. Процесс проводили при температуре 400 °С в течение 120 минут. Через трубку с постоянной скоростью 1 л/мин пропусклся воздух, обеспечивая подачу кислорода и поддержание газовой атмосферы для проведения реакции. Конденсатор и абсорберы использовались для сбора и очистки летучих продуктов реакции.

После обжига полученные огарок и конденсационный продукт направлялись на гидрометаллургическую переработку. Для этого использовали сернокислотное выщелачивание раствором H_2SO_4 концентрацией 120–140 г/л при температуре 65–70 °С. В результате гидрометаллургической обработки олово переходит в раствор в виде сульфата олова(IV) $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$, после чего продукт направляется на электролиз для получения металлического олова.

Пример. В качестве исходного материала был использован сульфидный оловянный концентрат месторождения Мушистон компании «Бродтек Таджикистан Майнинг Инвестмент Лимитед» (Таджикистан). Смесь оловянного сульфидного концентрата с хлоридом натрия равномерно

размещалась в керамической лодочке и помещалась в муфельную печь.

Процесс обжига проводили при следующих условиях:

- при различных температурах обжига образца в диапазоне 100–500 °С с шагом $\Delta T = 50$ °С, при постоянном соотношении массы концентрата (m_1 , г) и хлорида натрия (m_2 , г), равном $m_1/m_2 = 4/2$, и времени выдержки $\tau = 120$ мин;

- при постоянной температуре $T = 400$ °С и соотношении компонентов $m_1/m_2 = 4/2$, но с

9

формируют безопасный и легко удаляемый шлак; сокращается количество стадий рафинирования и

1735

различным временем выдержки обжига от 30 до 240 мин с шагом $\Delta \tau = 30$ мин;

- при различных соотношениях компонентов смеси (m_1/m_2) при постоянной температуре $T = 400$ °С и времени выдержки $\tau = 120$ мин.

Преимущества предлагаемого способа заключаются в том, что процесс протекает при низкой температуре (~450 °С), что снижает энергозатраты; обеспечивается образование легко извлекаемых хлоридных форм меди и олова; железо переходит в стабильный оксид Fe_2O_3 , легко отделяемый от металлов; сульфаты натрия

10

трудоzатраты. Достигается извлечение олова до 95–98 % и меди до 90–95 %.

Формула изобретения

Способ переработки оловянного сульфидного концентрата, включающий термическую обработку концентрата, **отличающийся тем**, что термическую обработку осуществляют путем низкотемпературного окислительно-хлорирующего обжига концентрата в присутствии хлорида натрия и кислорода, при этом оловянный сульфидный концентрат смешивают с хлоридом натрия при массовом соотношении концентрат : хлорид натрия = 4 : 2, обжиг проводят при температуре 400–450 °С в течение 120 мин, обеспечивая перевод соединений меди и олова в водорастворимые хлориды и

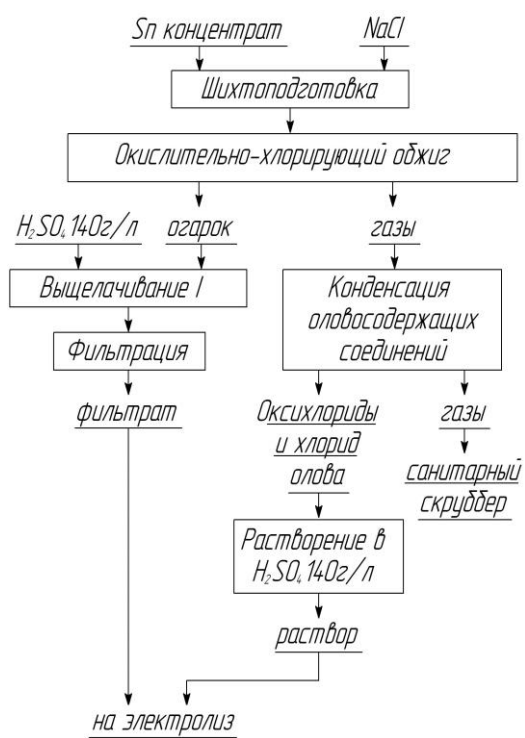
оксохлориды, железа - в оксид Fe_2O_3 , а серы - в сульфат натрия, после чего полученный огарок и конденсационные продукты, улавливаемые при обжиге, подвергают серноокислотному выщелачиванию раствором серной кислоты концентрацией 120–140 г/л при температуре 65–70 °С с переводом олова в раствор в виде сульфатных соединений, пригодных для последующего электролитического получения металлического олова.

Таблица 1

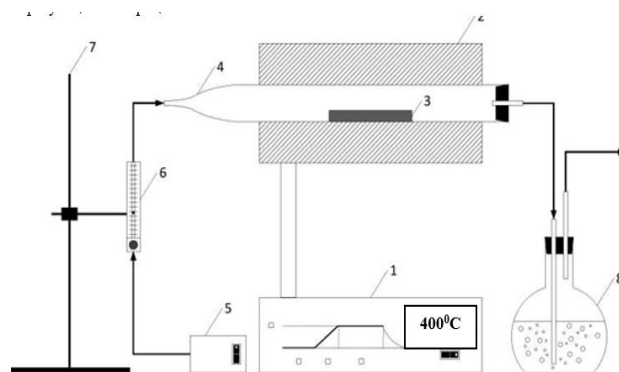
Условия проведения хлорирующего обжига оловянного сульфидного концентрата: состав шихты (г) - m_1 -масса концентрата, m_2 -масса натрия хлор

(а) - при разных температурах				(б) - при разных интервалах времени				(в) - при разных составах шихты			
№	m_1+m_2	t, мин	T, °С	№	m_1+m_2	t, мин	T, °С	№	m_1+m_2	t, мин	T, °С
1.1	4 + 2	120	250	2.1	4 + 2	30	450	3.1	4 + 0,25	120	450
1.2	4 + 2	120	300	2.2	4 + 2	60	450	3.2	4 + 0,5	120	450
1.3	4 + 2	120	350	2.3	4 + 2	90	450	3.3	4 + 1	120	450
1.4	4 + 2	120	400	2.4	4 + 2	120	450	3.4	4 + 1,5	120	450
1.5	4 + 2	120	450	2.5	4 + 2	150	450	3.5	4 + 2	120	450
1.6	4 + 2	120	500	2.6	4 + 2	180	450	3.6	4 + 4	120	450
1.7	4 + 2	120	550	2.7	4 + 2	210	450	3.7	4 + 6	120	450
1.8	4 + 2	120	600	2.8	4 + 2	240	450	3.8	4 + 8	120	450

СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ОЛОВЯННОГО СУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА



Фиг. 1



Фиг. 2

Компьютерный набор: Газиев М.

Заказ
Национальный патентно-информационный центр РТ 734042, г. Душанбе, ул. Айни, 14а

Тираж

Подписное