

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Физико-технический

Специальность: 240601 Химическая технология материалов современной энергетики

Кафедра: «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

| Тема работы |
|---|
| Проект цеха гидрофторирования вольфрамового концентрата и водного выщелачивания фторированного продукта производительностью 800 тонн в год по исходному сырью УДК 661.87.093.001.6 |

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------|---------|------|
| 0412 | О.С. Молоткова | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель кафедры ХТРЭ | Ю.В. Передерин | к.т.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------|-------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры менеджмента | Л. Р Тухватулина. | к.ф.н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент кафедры ХТРЭ | Д.В. Акимов | | | |

По разделу «Автоматизация процесса»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭАФУ | А.В. Вильнина | к.т.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ХТРЭ | Р.И. Крайденко | д.х.н. | | |

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП 240601
«Химическая технология материалов современной энергетики»,**

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| Р1 | Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания и детальное понимание научных принципов профессиональной деятельности |
| Р2 | Ставить и решать инновационные задачи, связанные с получением и переработкой материалов и изделий ядерного топливного цикла, с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии материалов современной энергетики |
| Р3 | Эксплуатировать и совершенствовать действующие, разрабатывать и внедрять новые современные высокотехнологичные процессы и линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, контролировать расходование сырья, материалов, энергетических затрат |
| Р4 | Обеспечивать радиационную безопасность, соблюдать правила охраны здоровья и труда при проведении работ, выполнять требования по защите окружающей среды; оценивать радиационную обстановку; осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО |
| Р5 | Разрабатывать новые технологические схемы, рассчитывать и выбирать оборудование, применять средства автоматизации, анализировать технические задания и проекты с учетом ядерного законодательства |
| <i>Универсальные компетенции</i> | |
| Р6 | Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры; иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем |
| Р7 | Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области изучения свойств, методов и технологий получения и переработки материалов современной энергетики |
| Р8 | Применять иностранный язык в сфере коммуникаций и профессиональной деятельности, представлять результаты научных исследований и разработок в виде отчетов, публикаций, публичных обсуждений |
| Р9 | Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности |

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Физико-технический

Направление подготовки (специальность): 240601 Химическая технология материалов современной энергетики

Кафедра: «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) Р.И. Крайденко

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--------------------|
| дипломного проекта |
|--------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------------------|
| 0412 | Молоткова Ольга Сергеевна |

Тема работы:

| | |
|---|--|
| Проект цеха гидрофторирования вольфрамового концентрата и водного выщелачивания фторированного продукта производительностью 800 тонн в год по исходному сырью | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

| | |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> Производительность по исходному сырью – 800 тонн в год. Исходное сырье – вольфрамовый концентрат (15.27 % FeWO₄, 48.28 % MnWO₄, 5.39 % CaWO₄). Основной аппарат – барабанная вращающаяся печь |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> | <ol style="list-style-type: none"> Введение. ТЭО. Аналитический обзор существующих методов. Теория выбранного процесса. Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы. Расчетная часть. <ol style="list-style-type: none"> Расчет материального баланса. Расчет теплового баланса. |

| | |
|--|---|
| | <p>4.3. Аппаратный расчет. Расчет геометрии и габаритов аппаратов технологической схемы.</p> <p>4.4. Механический расчет основного аппарата.</p> <p>4.5. Гидравлический расчет.</p> <p>4.6. Энергетический расчет.</p> <p>5. Автоматизация процесса.</p> <p>6. Строительная часть.</p> <p>7. Охрана труда и техника безопасности.</p> <p>8. Расчет периода окупаемости предприятия.</p> |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>1. Блок-схема с материальными потоками.</p> <p>2. Аппаратурно-технологическая схема.</p> <p>3. План размещения оборудования.</p> <p>4. Разрез цеха.</p> <p>5. Сборочный чертеж основного аппарата А1 (ГОСТ 2.001-93..2.034-83).</p> <p>6. Техничко-экономические показатели.</p> |

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

| Раздел | Консультант |
|---|-------------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Л. Р. Тухватулина |
| Социальная ответственность | Д. В. Акимов |
| Автоматизация процесса | А. В. Вильнина |
| | |

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Все разделы ВКР написаны на русском языке

| | |
|--|---------------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 3 октября 2016 года |
|--|---------------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| старший преподаватель кафедры ХТРЭ | Передерин Ю.В. | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------|---------|------|
| 0412 | Молоткова О. С. | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 105 страниц, 1 рисунка, 37 таблиц, 36 источников.

Ключевые слова: вольфрамовая кислота, вольфрамат аммония, паравольфрамат аммония, триоксид вольфрама, гидрофторирование, барабанная вращающаяся печь.

Объектом исследования является процесс гидрофторирования вольфрамсодержащей руды. Предметом исследования является процесс получения триоксида вольфрама путем разложения паравольфрамата аммония в барабанной вращающейся печи.

Цель работы: разработка проекта цеха гидрофторирования вольфрамового концентрата и водного выщелачивания фторированного продукта производительностью 800 тонн в год по исходному сырью.

Обозначения и сокращения:

ПВА – паравольфрамат аммония

ЧАО – четвертичные аммониевые основания

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ИТР – инженерно-технический работник;

КИП и А – контрольно измерительные приборы и автоматика;

МОП – младший обслуживающий персонал;

ЗП – заработная плата,

ТБ – техника безопасности;

КПД – коэффициент полезного действия;

ОТ – охрана труда;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ПДК – предельно допустимая концентрация.

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение..... | 11 |
| 1 Обзор литературы | 15 |
| 1.1 Главные типы месторождений вольфрама | 18 |
| 1.2 Обогащение вольфрамовых руд | 20 |
| 1.3 Переработка вольфрамсодержащих концентратов спеканием или сплавлением с содой | 24 |
| 1.4 Переработка вольфрамитовых концентратов растворами едкого натра..... | 25 |
| 1.5 Переработка вольфрамовых концентратов автоклавно - содовым способом..... | 25 |
| 1.6 Кислотные способы вскрытия концентратов..... | 27 |
| 1.7 Электротермический способ разложения вольфрамовых концентратов..... | 28 |
| 1.8 Вскрытие вольфрамовых концентратов спеканием с бифторидом аммония | 30 |
| 1.9 Хлорирование | 31 |
| 1.10 Электролиз..... | 31 |
| 1.11 Извлечение вольфрама из растворов экстракцией | 31 |
| 1.12 Ионообменное извлечение вольфрама | 32 |
| 1.13 Получение вольфрамовой кислоты..... | 34 |
| 1.14 Пирометаллургический способ переработки вольфрамовых концентратов..... | 35 |
| 1.15 Основные направления применения вольфрама | 36 |
| 2 Объект и метод исследования..... | 39 |
| 3 Расчет и аналитика..... | 41 |

| | |
|---|----|
| 3.1 Материальный баланс..... | 41 |
| 3.2 Расчет материального баланса..... | 42 |
| 3.3 Тепловой баланс..... | 46 |
| 3.3.1 Расход тепла | 46 |
| 4 Аппаратурный расчёт | 51 |
| 4.1 Расчёт геометрии и габаритов основного аппарата | 52 |
| 4.2 Механический расчёт | 53 |
| 4.3 Расчет барабана на прочность | 54 |
| 4.4 Расчет барабана на жесткость..... | 56 |
| 4.5 Расчет банджа барабанной печи | 57 |
| 4.6 Определение размеров упорных роликов | 61 |
| 4.7 Основные составные части вращающейся печи с барабаном..... | 62 |
| 4.8 Энергетический расчёт..... | 63 |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и | 65 |
| ресурсосбережение | 65 |
| 5.1. Расчет себестоимости передела..... | 65 |
| 5.2. Расчет эффективного фонда рабочего времени..... | 65 |
| 5.2.1 Расчет эффективного фонда времени работы оборудования | 66 |
| 5.3 Расчет численности рабочих, служащих, ИТР и МОП..... | 67 |
| 5.4 Расчет численности ИТР и служащих | 69 |
| 5.5 Расчет годового фонда заработной платы..... | 70 |
| 5.5.1 Расчет фонда заработной платы основных рабочих | 70 |
| 5.5.2 Расчет годового фонда заработной платы ИТР и служащих | 71 |
| 5.6 Расчет капитальных затрат | 72 |
| 5.6.1 Расчет капитальных затрат на строительство | 72 |

| | |
|--|-----|
| 5.6.2 Расчет себестоимости оборудования | 73 |
| 5.6.3 Расчет затрат на производство | 74 |
| 5.6.4 Калькуляция себестоимости | 75 |
| 6 Строительная часть | 77 |
| 7 Социальная ответственность | 82 |
| 7.1 Общая характеристика производства | 82 |
| 7.2 Микроклимат | 83 |
| 7.3 Электробезопасность | 84 |
| 7.4 Производственное освещение | 85 |
| 7.5 Мероприятия по защите от шума и вибрации | 87 |
| 7.6 Пожарная безопасность | 88 |
| 7.7 Охрана окружающей среды | 90 |
| 7.8 Вывод по разделу | 91 |
| 8 Автоматизация | 92 |
| 8.1 Введение | 92 |
| 8.1.1 Описание технологической схемы переработки окисленных никелевых руд с помощью хлорида аммония | 93 |
| 8.2 Контроль и автоматизация процесса | 95 |
| 8.2.1 Составление функциональной схемы автоматизации | 95 |
| 8.2.2 Описание функциональной схемы автоматизации | 95 |
| 8.3 Перечень технологических параметров, подлежащих контролю, регулированию и сигнализации | 96 |
| 8.4 Выбор первичных преобразователей | 97 |
| 8.5 Автоматизация процесса с использованием средств ЭВМ | 98 |
| Заключение | 101 |

| | |
|--|-----|
| Список использованных источников | 102 |
|--|-----|

Введение

В 1781 году известный шведский химик Шееле, обрабатывая азотной кислотой минерал шеелит, получил жёлтый «тяжёлый камень» (триоксид вольфрама). В 1783 году испанские химики братья Элюар объявили о получении из саксонского минерала вольфрамита как растворимой в аммиаке жёлтой окиси нового металла, так и самого металла – вольфрама.

Вольфрам – химический элемент с атомным номером 74 в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Это один из самых тугоплавких металлов. Выше температуру плавления имеет только неметаллический элемент – углерод. При стандартных условиях вольфрам химически стоек.

Содержание вольфрама в земной коре оценивается в 0,00013 %. Вольфрам встречается в природе чаще всего в виде окисленных сложных соединений, образованных трехокисью вольфрама WO_3 с оксидами марганца, железа или кальция, а иногда тория, свинца, меди и редкоземельных элементов. Важное промышленное значение имеют минералы вольфрамит (вольфрамат марганца и железа $mMnWO_4 \cdot nFeWO_4$ - соответственно, гюбнерит и ферберит) и шеелит (вольфрамат кальция $CaWO_4$). Средняя концентрация вольфрама составляет 1-2 %, так как вольфрамовые минералы обычно вкраплены в гранитные породы.

Вольфрам – металл серебристо-белого цвета, обладающий высокой твердостью, температурой кипения около 5500 °С, значительным сопротивлением усталости, большой тепло- и электропроводностью, легирующей способностью. Он поддается ковке при температуре около 1600 °С и может быть протянут в очень тонкую нить. Металл образует соединения с углеродом и бором – карбиды и бориды, обладающие чрезвычайно высокой твердостью, дает сплавы с никелем, кобальтом, молибденом, хромом, железом и другими металлами. Вольфрам отличается высокой химической стойкостью и широко используется в самых

разнообразных отраслях промышленности: присадка вольфрама к стали (от 1% до 20%) придает ей высокую прочность, кислотоупорность, тугоплавкость, самозакаливаемость, твердость, повышает сопротивление растяжению и предел упругости. Быстрорежущие вольфрамовые стали содержат добавки хрома, ванадия, кобальта и углерода. В последние годы широко используются металлокерамические твердые сплавы, изготовленные на основе карбида вольфрама. Такие сплавы применяются в качестве резцов, для изготовления коронок бурового инструмента, фильер для холодного волочения проволоки, деталей пневматических инструментов, штампов, пружин, клапанов двигателей внутреннего сгорания, жаропрочных деталей механизмов, работающих в условиях высоких температур. Наплавочные твердые сплавы (стеллиты), которые состоят хрома (25-35%), из вольфрама (3-15%) и кобальта (45-65%) с небольшим количеством углерода, применяются для покрытий быстро изнашивающихся деталей механизмов (лопастей турбин, экскаваторного оборудования и др.). Сплавы вольфрама с никелем и медью находят применение при изготовлении защитных экранов от гамма-лучей в медицине.

Электропроводность вольфрама почти в три раза ниже электропроводности меди. К свойствам, ограничивающим сферу применения вольфрама, можно отнести большую плотность, высокую склонность к ломкости при низких температурах, малое сопротивление окислению при невысоких температурах.

На воздухе вольфрам устойчив. Ощутимое окисление металла наступает при температуре от 400 °С до 500 °С, быстрое окисление происходит при более высоких температурах. При температуре от 600 °С до 700 °С водяной пар быстро окисляет металл. На холоде вольфрам практически устойчив к действию серной, азотной, соляной и плавиковой кислот любой концентрации, а также царской водки. Медленная коррозия в перечисленных кислотах происходит при нагревании до 80-100 °С, кроме

плавиковой. В смеси азотной и плавиковой кислот, металл быстро растворяется.

По внешнему виду вольфрам похож на сталь. Применяется для создания сплавов с высокой прочностью. Только при нагреве вольфрам поддается обработке (ковке, прокатке и волочению). Температура нагрева зависит от типа обработки. Например, ковка прутков проводится при нагреве заготовки до 1450-1500 °С.

Вольфрам является компонентом жаропрочных сверхтвердых сталей (инструментальные, быстрорежущие) и сплавов (стеллит, победит и др.); чистый вольфрам используется в радиоэлектронике (катоды и аноды электронных приборов) и электротехнике (нити ламп накаливания).

Наибольшее значение из соединений вольфрама имеет оксид вольфрама IV или, как его еще называют, триоксид вольфрама. Триоксид вольфрама является основным продуктом переработки вольфрамового концентрата.

Триоксид вольфрама представляет собой порошок желтого цвета, температура плавления 1470 °С. Данное соединение применяют для получения карбидов, для дальнейшего получения твердых сплавов, и галогенидов вольфрама, как красящий желтый пигмент для изделий из керамики и стекла.

Структура потребления вольфрама в мире постоянно меняется. Из одних отраслей он вытесняется другими материалами, но появляются все новые области его применения. Так, в первой половине XX века до 90 % вольфрама расходовалось на легирование сталей. В настоящее время в промышленности преобладает производство карбида вольфрама, и все более важное значение приобретает использование металлического вольфрама. В последнее время открываются новые возможности применения вольфрама как экологически чистого материала. Вольфрам может заменить свинец в разработке военных боеприпасов, а также найти применение в производстве спортивного инвентаря, в частности клюшек и мячей для гольфа. Разработки

в этих областях ведутся в США. В перспективе вольфрам должен заменить обедненный уран в производстве боеприпасов большого калибра

1 Обзор литературы

Главным мировым производителем вольфрама в рудах и концентратах (75 %) является КНР. Россия по разведанным запасам вольфрама занимает одно из первых мест в мире. Производство вольфрама в рудах и концентратах в России составляет приблизительно 6 % от мирового, занимая второе место в мире. Запасы вольфрама сосредоточены на Северном Кавказе, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Вольфрамовые руды обычно содержат от 0,5 % до 2% WO_3 и для получения стандартных концентратов с 55-65 % WO_3 руду обогащают. Основными методами обогащения вольфрамитовых руд являются гравитационные. У вольфрамита довольно высокая плотность (6,9-7,8 г/см³), она позволяет легко отделить его гравитационными методами от минералов, имеющих плотность менее 3,5-4 г/см³ (кварца, карбонатов, полевых шпатов и др.). Руды часто предварительно обогащают на отсадочных машинах или в тяжелых суспензиях, в качестве суспензоида используют гранулированный порошок ферросилиция, а полученный промежуточный продукт после измельчения поступает на обогащение на концентрационных столах или шлюзах. Гравитационные методы не обеспечивают отделение вольфрамита от касситерита и большинства сульфидов, также имеющих высокую плотность.

Для производства триоксида вольфрама, являющегося исходным материалом для производства вольфрама, карбида вольфрама и других продуктов, используют различные технологии, главной отличительной чертой которых является способ разложения (вскрытия) концентрата. Выбор той или иной технологии зависит от типа и состава исходного сырья, масштабов производства, требований к качеству конечной продукции и конкретных условиях, определяющих экономические показатели производства.

Существует несколько способов разложения вольфрама.

Разложение щелочами или карбонатами, которое может быть проведено как спеканием концентрата с содой или сплавлением его со щелочью, так и выщелачиванием его растворами едкой щелочи или соды при повышенных температуре и давлении. Процесс основывается на реакции между вольфраматами кальция и железа (и марганца) и содой или едким натром, в результате которой вольфрам переходит в растворимый вольфрамат натрия, а кальций, железо и марганец остаются в нерастворимом в воде остатке.

Разложение кислотами. При этом методе вольфрамовую кислоту переводят в осадок, а примеси - в раствор, за исключением кремневой кислоты, выпадающей вместе с вольфрамовой; кроме того, при применении серной кислоты в осадке окажется сульфат кальция. Разложение шеелита при помощи кислоты идет сравнительно легко. Вольфрамит разлагается значительно труднее, и поэтому кислотные методы к нему не применяются. Кислотное разложение является одним из первых методов, которые были разработаны для переработки шеелита. Недостатком метода является то, что вольфрамовая кислота получается загрязненной и нуждается в дополнительной очистке.

Технологические характеристики вольфрамовых руд определяются двумя основными вольфрамовыми минералами – вольфрамитом и шеелитом. Вольфрамитовые и шеелитовые руды подразделяются на ряд разновидностей, характеризующихся наличием попутных вольфрамовых и сопутствующих минералов. Технология обогащения вольфрамовых руд включает: предварительную концентрацию, обогащение измельченных продуктов предварительной концентрации с получением коллективных (черновых) концентратов и их доводку. Классическими способами предварительной концентрации являются обогащение в тяжелосредних сепараторах и радиометрическая сортировка или обогащение. Иногда в качестве предварительной концентрации используют мокрую магнитную

сепарацию для выделения основной массы содержащихся в руде пирротина и магнетита.

Радиометрическое обогащение осуществляется рентгенорадиометрическим, рентгенолюминесцентным, фотометрическим и другими способами сортировки и сепарации. Примером высокой эффективности использования фотометрической сортировки является предприятие «Маунт-Карбайн» в Австралии, перерабатывающее жильные вольфрамовые руды с содержанием 0,09 % WO_3 . На предприятии радиометрической сортировкой выделяется в голову процесса 98 % пустой породы, за счет чего содержание вольфрама в промпродукте повышается до 0,9%. Обогащение измельченной руды или промпродуктов предварительной концентрации чаще всего производят гравитационным, флотационным или флотогравитационным способами. Для гравитации применяют преимущественно отсадочные машины различной конструкции. Перед отсадкой, для повышения ее эффективности, обогащаемый материал классифицируется по крупности. Эта операция используется и для выделения 21 крупновкрапленных вольфрамитовых концентратов с последующим доизмельчением и обогащением хвостов отсадки. Тонковкрапленные руды обогащают на винтовых сепараторах, струйных желобах, конусных сепараторах, шлюзах, концентрационных столах. При стадийном обогащении руды извлечение вольфрамита в черновые гравитационные концентраты достигается наиболее полное. Вольфрамит (гюбнерит) доизвлекают из шламов флотацией с применением жирно-кислотных собирателей и добавкой нейтральных масел. Черновые гравитационные концентраты сравнительно легко доводятся до кондиционных с применением электрических способов обогащения.

Флотацию и флотогравитацию проводят с подачей ксантогената и вспенивателя в слабощелочной или слабокислой среде. Если концентраты загрязнены кварцем и легкими минералами, то после флотации (флотогравитации) их подвергают перечистке на концентрационных столах.

Доводка вольфрамовых концентратов производится с применением почти всех известных процессов обогащения. Гравитационные концентраты доводят до кондиционных обычно флотацией или сухими методами обогащения. Богатые вольфрамовые концентраты обогащают электромагнитной сепарацией для удаления железистой цинковой обманки, минералов висмута и частично мышьяка (арсенопирит, скородит). Сульфидные минералы выделяют флотацией с применением ксантогенатов и вспенивателей в слабощелочной среде. На фабриках «Кан-тунг» (Канада), «Сало» (Франция) и других используют магнетизирующий обжиг для повышения магнитной восприимчивости сульфидов железа. Одновременно с этим также удаляются в виде газообразных оксидов вредные для вольфрамовых концентратов сера и мышьяк. Электростатическая сепарация используется для разделения шеелита и касситерита при доводке гравитационного концентрата или концентрата, полученного после отделения немагнитного вольфрамита. Отделение вольфрамита от минералов, содержащих в кристаллической решетке ионы железа, производится химическими способами.

1.1 Главные типы месторождений вольфрама

Общие мировые запасы вольфрама оцениваются в 2,5-3 миллиона тонн. Основные концентрации выявленных руд вольфрама сосредоточены в месторождениях Тихоокеанского рудного пояса, главным образом в азиатской и североамериканской частях (большая часть запасов заключена в недрах Китая, Канады, США, Боливии, Южной Кореи и Великобритании).

К уникальным месторождениям вольфрамовых руд относятся руды с запасами более 250 тысяч тонн WO_3 , к крупным – с запасами 250-100 тысяч тонн WO_3 , к средним – 100-15 тысяч тонн WO_3 , к мелким – менее 15 тыс. тонн WO_3 .

По генетическим особенностям, минеральному составу и морфологии рудоносных образований выделяют следующие геолого-промышленные типы месторождений:

- 1) скарновые шеелитовые и молибденит-шеелитовые;
- 2) грейзеново-жильные вольфрамитовые;
- 3) вольфрамитовые россыпи.

В рудах этих месторождений 90% вольфрама заключено в виде вольфрамита и шеелита, технологически извлекаемых современными методами обогащения руд.

Вольфрамсодержащие скарны приурочены преимущественно к известняковым пластам, образуют залежи на их контактах с интрузивами гранодиоритов повышенной основности. Скарны чаще образуются по известнякам с прослоями песчано-глинистого материала, изредка по алюмосиликатным роговикам (Тырныауз). Морфология скарновых залежей определяется формой контактов интрузивов, контурами карбонатных слоев, складчатыми и разрывными структурами. Скарны образуют пологие пластообразные контактовые залежи, наиболее мощные в синклинальных прогибах кровли интрузива, линзы, гнезда. В некоторых случаях протягиваются в виде пластообразных стратифицированных тел на сотни метров. Шеелитовое оруденение обычно не выходит за пределы зон скарнирования и концентрируется главным образом в пироксеновых и гранат-пироксеновых скарнах. Шеелит в скарнах распределен неравномерно. Наиболее ранний шеелит образует в пироксеновых и пироксен-гранатовых скарнах мелкую вкрапленность, реже гнезда и прожилки. Наиболее богатые шеелитовые руды приурочены к зонам дробления и участкам перекристаллизации и гидротермального изменения. Некоторые рудоносные скарны характеризуются повышенным содержанием сульфидов (пирротина, халькопирита, пирита, сфалерита). Группа скарновых молибден-вольфрамовых месторождений многочисленна и разнообразна. К ней относятся месторождения Приморья (Восток-II), Средней Азии (Лянгар),

Кавказа (Тырныауз), Южной Кореи (Сангдонг). Шеелит-кварцевые руды имеют небольшое распространение, но отличаются высоким содержанием вольфрама.

Добыча руды из вольфрамовых месторождений производится подземным или открытым способами.

Подземная разработка месторождений осуществляется без нарушения дневной поверхности путём проведения системы подземных горных выработок. В процессе подземной переработки месторождений выделяются 3 стадии: вскрытие, подготовка и очистная выемка.

Открытая разработка месторождений осуществляется с помощью открытых горных выработок. Основные горные выработки открытых разработок месторождений - капитальные траншеи, обеспечивающие доступ к полезным ископаемым, и разрезные траншеи, подготавливающие карьерное поле к вскрышным и добычным работам.

1.2 Обогащение вольфрамовых руд

При обогащении вольфрамовой руды получают стандартные концентраты, которые содержат от 55 % до 65 % WO_3 . Поскольку руды чаще всего содержат от 0,2 до 2 % WO_3 , степень обогащения составляет от 30 до 100 %. Высокая степень концентрирования достигается применением ряда методов: флотации, гравитационного обогащения, химического обогащения, магнитной и электростатической сепарации.

Как правило схемы обогащения руд обычно включают следующие операции: сортировку, дробление (крупное и среднее), предварительное обогащение в тяжелых суспензиях, отсадку крупновкрапленной рудной фракции и выделение хвостов, обогащение на винтовых сепараторах, измельчение в стержневых или шаровых мельницах и классификацию: концентрацию на столах и шлюзах или флотацию, доизмельчение промежуточных продуктов, доводку черновых концентратов

флотогравитацией, электромагнитной и электростатической флотогравитацией, доводку методами химического обогащения.

Сортировка руды после крупного дробления проводится на движущихся плоских транспортерных лентах после предварительной промывки рудных кусков. Свойство шеелита флуоресцировать голубым светом при облучении ультрафиолетовыми лучами иногда используется для сортировки шеелитовой руды. Для достижения этой цели используют специальные лампы. Схемы обогащения (число и сочетание операций) зависят главным образом от минералогического состава руд, размера вкрапленности минералов вольфрама, комплексности руды.

Гравитационные методы являются основными при обогащении вольфрамитовых руд. По плотности минералы, встречающиеся в вольфрамовых рудах, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Плотность минералов в вольфрамовых рудах

| Минерал | Плотность, г/см ³ |
|-----------------|------------------------------|
| вольфрамит | 7,1-7,5 |
| касситерит | 7,0 |
| арсенопирит | 6,0 |
| шеелит | 5,8-6,1 |
| пирит | 5,0 |
| молибденит | 4,8 |
| пирротин | 4,6 |
| барит | 4,5 |
| халькопирит | 4,2 |
| сфалерит | 4,0 |
| сидерит | 3,9 |
| гранат | 3,5-4,2 |
| флюорит | 3,1 |
| слюды | 2,8 – 3,1 |
| полевые шпаты | 2,5-2,8 |
| кальцит и кварц | 2,5-2,8 |

Вольфрамит имеет высокую плотность, что дает возможность его отделения гравитационными методами от ряда минералов, имеющих плотность ниже вольфрамита, к таким минералам можно отнести: кварц, карбонаты, полевые шпаты и др.

Для крупновкрапленных вольфрамитовых руд применяют предварительное гравитационное обогащение. В тяжелых суспензиях обогащения в качестве суспензоида используют сферический (гранулированный) порошок ферросилиция. После измельчения полученный грубый концентрат поступает на дальнейшее обогащение гравитационными методами (на столах, шлюзах).

Отделение вольфрамита от касситерита и большинства сульфидов, обладающих высокой плотностью гравитационные методы не обеспечивают. Отделить вольфрамит от касситерита можно осуществить магнитной сепарацией, так как касситерит немагнитен, а вольфрамит слабомагнитен. Так же магнитную сепарацию используют для отделения от вольфрамита магнитных минералов (магнетита, пирротина). Магнитной сепарации иногда предшествует обжиг с целью перехода пирита в магнетит, который затем отделяется магнитной сепарацией. Если на касситерите образовывается пленка оксидов железа, то отделить касситерита от вольфрамита магнитной сепарацией сложно. Тогда для растворения оксидов железа необходимо провести предварительную обработку вольфрамитово-касситеритового концентрата горячими растворами серной кислоты.

Для отделения сульфидных минералов от вольфрамита применяют флотацию или флотогравитацию (флотация на концентрационных столах) в кислой среде, используя в качестве реагентов керосин и ксантогенат. Обжиг вольфрамитового концентрата при 800 °С применяется для того, что довести до кондиционных содержаний по примеси мышьяка.

В присутствии других легко флотируемых минералов пустой породы – флюорита, доломита, талька, барита, кальцита, апатита флотация шеелита осложняется. Жидкое стекло служит эффективным депрессором

этих минералов. Добавки сернокислых солей меди и железа к жидкому стеклу способствует депрессии кальцита, флюорита и апатита.

Сода обычно служит регулятором среды, в качестве вспенивателей используют сосновое масло, технический крезол, терпинеоль и другие. При флотации шеелитовых руд первоначально флотируют сульфиды в содовой среде ксантогенатом или нейтральными маслами (если руды содержат молибденит) в присутствии пенообразователя. Затем в пульпу вводят жидкое стекло и после некоторого времени перемешивания флотируют шеелит олеатом натрия или другими собирателями. После перечистки грубого концентрата пульпу сгущают с целью удаления избытка реагента, а затем пропаривают при температуре 80 °С в растворе жидкого стекла, разбавляют холодной водой и проводят флотационную перечистку.

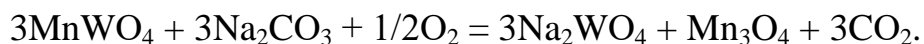
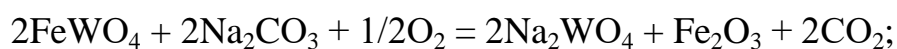
До установленных кондиций по примесям шеелитовые концентраты доводят различными методами химической обработки. Например, для снижения содержания фосфора концентрат подвергают обработки соляной кислотой на холоду. При этом попутно идет частичное удаление кальцита и доломита. Обжиг с последующей обработкой кислотами применяют для очистки меди, мышьяка и висмута. Извлечение вольфрама в кондиционные концентраты при обогащении руд различного типа колеблется от 65 % до 90 %.

Экономически выгодно выводить из цикла обогащения промпродукты (содержание WO_3 от 10 % до 20 %) на химическую (гидрометаллургическую) переработку. В ряде случаев при обогащении сложных по составу или труднообогатимых руд в результате которой получают искусственный шеелит. Подобные комбинированные схемы обеспечивают высокое извлечение вольфрама из труднообогатимых руд.

1.3 Переработка вольфрамсодержащих концентратов спеканием или сплавлением с содой

Переработка вольфрамсодержащих концентратов начинается с их разложения. Одним из самых распространенных методов является разложение спеканием или сплавлением с содой, которое основывается на реакциях образования водорастворимых вольфраматов натрия.

При разложении вольфрамитовых концентратов спеканием или сплавлением с содой в присутствии кислорода протекают следующие основные реакции:



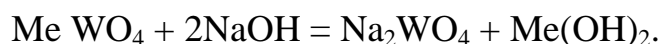
Обычные примеси вольфрамитового концентрата при взаимодействии с содой образуют растворимые в воде натриевые соли Na_2SiO_3 , Na_3PO_4 , Na_3AsO_4 и Na_2MoO_4 .

Разложение вольфрамитовых концентратов проводят при температуре от 800 °С до 1000 °С. В зависимости от температуры реакционная масса представляет собой полурасплавленную массу (спек) или жидкотекучий расплав (плав). Шихта для спекания вольфрамита включает концентрат, соду и иногда селитру. Соду вводят с избытком от 10 % до 15 % от теоретически необходимого количества, что обеспечивает разложение вольфрамита на 98-99 %. Добавка селитры в количестве 1-4 % от массы концентрата позволяет ускорить окисление железа и марганца.

Для спекания вольфрамитовых концентратов в непрерывном режиме используют трубчатые вращающиеся печи длиной до 20 м и диаметром 2,2 м. Спек при выходе из печи пропускают через валковые дробилки и затем измельчают в мельницах мокрого размола, пульпу которых направляют на выщелачивание.

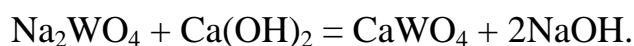
1.4 Переработка вольфрамитовых концентратов растворами едкого натра

Для вскрытия высокосортных вольфрамитовых концентратов (60 - 70 % WO₃) можно использовать их обработку растворами едкого натра, при которой образуются вольфрамат натрия и гидроксиды железа (II) и марганца:



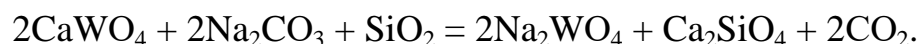
Недостатки способа – получение загрязненных растворов и труднофильтруемых осадков. Шеелитовые концентраты растворами жидкого едкого натра не разлагаются. Их разложение можно осуществить спеканием с содой, обработкой содовыми растворами в автоклавах или кислотным способом - обработкой соляной кислотой.

При спекании шеелитовых концентратов с содой наряду с вольфраматом натрия образуются CaCO₃ или CaO. При последующем выщелачивании водой гидроксид кальция способен переводить вольфрам в форму нерастворимого в воде вольфрамата кальция по реакции:



Это значительно снижает извлечение вольфрама в раствор.

С целью предотвращения образования свободного оксида кальция в шихту спекания шеелитовых концентратов вводят кварцевый песок для перевода кальция в труднорастворимый силикат:



Процесс спекания ведут в трубчатых вращающихся печах со значительным избытком соды (50-100 %).

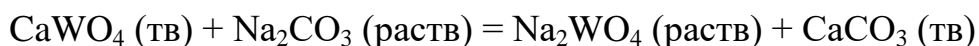
1.5 Переработка вольфрамитовых концентратов автоклавно - содовым способом

Автоклавно-содовый процесс для вскрытия шеелитовых концентратов был разработан в СССР и в настоящее время применяется на трех

отечественных заводах и ряде предприятий зарубежных стран. Этот способ заключается в обработке шеелита содовым раствором при температуре от 225 °С до 250 °С в вертикальных автоклавах с механическим перемешиванием и с перемешиванием паром. В раствор переходит 98-99 % W. При последующей обработке таких растворов выделяют вольфрамат натрия и молибденовый концентрат.

Преимущества автоклавно-содового разложения вольфрамового сырья перед способом спекания состоят в исключении печного процесса, предшествующего выщелачиванию, и несколько меньшем содержании примесей (особенно фосфора и мышьяка) в вольфраматных растворах. Кроме того, способ применим к вскрытию не только стандартных концентратов, но и низкосортных промпродуктов и хвостов обогащения, содержащих 4-5 % WO₃.

Процесс разложения шеелита растворами соды основан на обменной реакции:



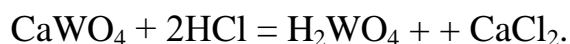
С достаточной скоростью и полнотой реакция протекает при большом расходе соды и температурах 200-225 °С, что требует осуществления процесса в автоклавах. Высокий расход соды обусловлен относительно малыми значениями концентрационной константы равновесия реакции разложения K_c , которая возрастает с повышением температуры и зависит от содового эквивалента (отношение количества молей соды к 1 молю CaWO₄), значительно понижаясь по мере его увеличения. Таким образом, необходимость проведения процесса при температуре 200-225 °С (в автоклаве) определяется и термодинамическими показателями (более высокие значения константы равновесия), и увеличением скорости взаимодействия при повышенных температурах. Для полного извлечения вольфрама из шеелита в раствор при 200 °С минимальный содовый эквивалент должен быть равен 2,5, а при 225 °С – 2,0. Для реальных

концентратов, содержащих примеси других минералов, эта величина выше и зависит от содержания в них WO_3 .

1.6 Кислотные способы вскрытия концентратов

Более простым по сравнению с щелочными способами является кислотный способ вскрытия шеелитовых концентратов, требующий меньшего числа технологических операций. При использовании этого способа первичным продуктом вскрытия концентрата является осадок технической вольфрамовой кислоты, а основная масса примесей переходит в раствор. Техническую вольфрамовую кислоту при необходимости очищают от примесей.

Непосредственное разложение шеелитовых концентратов кислотным способом заключается в обработке исходного материала концентрированной соляной кислотой с получением сразу технической вольфрамовой кислоты, что является важнейшим преимуществом метода. Разложение шеелита по этому способу протекает практически по необратимой реакции:



Процесс ведут в футерованных железных чанах при температуре от 90 °С до 100 °С в течение 6-8 часов с избытком кислоты 150-200 % против теоретически необходимого.

Спек или сплав, содержащий вольфрамат натрия, выщелачивают горячей водой (70-90 °С) с целью перевода в раствор Na_2WO_4 .

Шары и футеровку мельниц изготавливают из плавленного диабаз. Пульпу в таком реакторе приходится нагревать острым паром. Это приводит к разбавлению пульпы и испарению HCl , а уменьшение концентрации кислоты приводит к замедлению процесса. Более рациональным является использование герметичных реакторов с мешалкой, футерованных кислотостойкой эмалью и обогреваемых паром через рубашку. Продолжительность процесса в таком реакторе составляет, в зависимости от степени измельчения и условий разложения, 4-12 ч при 100-110 °С. Заметное

влияние на протекание процесса оказывает происхождение концентрата, поскольку шеелиты разных месторождений сильно отличаются по реакционной способности. Для предотвращения частичного восстановления вольфрамовой кислоты до соединений низшей валентности сероводородом, выделяющимся при разложении примесей сульфидов, содержащихся в концентрате, в пульпу добавляют 0,2-0,5 % окислителя – азотной кислоты. Однократное выщелачивание не всегда приводит к полному переводу вольфрама в вольфрамовую кислоту. В таких случаях вольфрамовую кислоту растворяют в аммиачной воде, а содержащий вольфрам остаток повторно обрабатывают соляной кислотой. Из аммиачных растворов выделяют паравольфрамат аммония или осаждают вольфрамовую кислоту. Способ разложения кислотой по сравнению с щелочными способами вскрытия требует гораздо меньшего числа технологических операций. Однако при значительном количестве примесей в исходном концентрате необходимо проводить несколько последовательных операций разложения паравольфрамата аммония кислотой и аммиачной очистки. Поскольку увеличение числа операций очистки из-за большого расхода реагентов неэкономично, способ вскрытия соляной кислотой применяют, в основном, при переработке богатых (до 75 % WO_3) и чистых шеелитовых концентратов.

1.7 Электротермический способ разложения вольфрамовых концентратов

Суть метода состоит в том, что при плавке шихты (смесь шеелитового концентрата, соды и кремнезема) продукты разделяются на два несмешивающихся слоя: верхний – силикатный шлак и нижний – вольфрамат натрия, которые сливают отдельно. Хорошее расслоение продуктов плавки и высокая степень превращения шеелита в вольфрамат натрия достигаются при расходе 160-165 % соды от теоретически необходимого количества и соотношении CaO/SiO_2 в шихте, равном 1,22-1,25. В силикатном шлаке

содержится не более 2,5 % WO_3 . В шлак переходит 40-50 % S, 65-75 % P и 100 % Fe. Извлекается около 98 % WO_3 .

Раздельный слив вольфрамата натрия и силикатного шлака позволяет уже на стадии пирометаллургического передела освободиться от большинства примесей, что значительно упрощает гидрометаллургическую стадию передела. Преимущества этого способа – высокая производительность, меньший расход соды и кремнезема (по сравнению со способом спекания) и низкое содержание примесей в вольфрамате натрия.

В результате плавки при 1100 °С чернового гюбнеритового концентрата с содой образуется солевая фаза, состоящая из вольфрамата и сульфата натрия и шлак. Поскольку плотность и температура плавления содержащего 18-20% серы солевого расплава ниже, чем соответствующие величины шлака, разделение фаз осуществляют сливом солевой фазы (верхнего слоя) из печи при температуре 750-800 °С. При этой температуре силикатный шлак (нижний слой) становится малоподвижным и не загрязняет при сливе расплав солей. Изоморфизм сульфата и вольфрамата натрия способствует понижению активности WO_3 в вольфраматном расплаве и, следовательно, более полному использованию вольфрама.

Преимуществами пирометаллургической технологии вскрытия вольфрамовых концентратов являются высокая производительность процесса плавки, меньший расход реагентов (соды и кремнезема), меньший объем фильтруемой пульпы выщелачивания и более низкое содержание примесей в растворах вольфрамата натрия по сравнению с обычной технологией спекания концентратов с содой. Возможность переработки нестандартного низкопроцентного сырья позволяет увеличить сквозное извлечение вольфрама благодаря уменьшению потерь на обогатительных переделах.

Полученный электротермическим способом вольфрамат натрия подвергается дальнейшей переработке: из разбавленных растворов Na_2WO_4 электрохимическим путем получают вольфрамовую кислоту, из которой после прокаливании восстанавливают металлический вольфрам, либо в

электродуговых печах методом восстановительной плавки Na_2WO_4 на «железный блок» получают ферровольфрам.

1.8 Вскрытие вольфрамовых концентратов спеканием с бифторидом аммония

Способ переработки вольфрамсодержащего сырья, включающий его спекание с бифторидом аммония с последующим выделением оксофторвольфрамата аммония, отличающийся тем, что, с целью обеспечения возможности выделения побочных товарных продуктов и снижения расхода бифторида аммония, спекание ведут при температуре от 150 °С до 190 °С и массовом отношении сырья к бифториду аммония, полученный спек выщелачивают водой, раствор выщелачивания упаривают до сухого остатка, содержащего оксофторвольфрамаат аммония, который разлагают при температуре от 400 °С до 500 °С до оксифторида вольфрама с одновременной конденсацией из газовой фазы кремнефторида и бифторида аммония при температурах 250 °С и 200 °С соответственно, после чего раствор кремнефторида аммония обрабатывают аммиаком и выделяют аморфный диоксид кремния, а бифторид аммония возвращают на стадию спекания.

Недостатком данного метода является использование высокотемпературных методов разделения продуктов фторирования, включающую сублимацию и термическое разложение при температуре от 400 °С до 500°С. Высокая коррозионная активность фторидов в заданном температурном интервале, предъявляют повышенные требования к стойкости конструкционных материалов основного оборудования и техники безопасности. Так же к недостаткам рассматриваемого процесса относятся: сложность очистки от основных примесей, высокотемпературные процессы, применяемые для регенерации фторирующего агента и низкая рентабельность конечного товарного продукта – оксифторида вольфрама.

1.9 Хлорирование

Принцип этого метода заключается в переводе вольфрама в легко разлагающиеся соединения. Наиболее важными из них являются гексахлорид WCl_6 и оксихлориды WO_2Cl_2 и $WOCl_4$. Эти соединения быстро испаряются уже 20 ниже $300\text{ }^\circ\text{C}$. Примеси при этом остаются в нелетучем остатке. Для хлорирования применяют хлор, хлористый водород или летучие хлориды, например, SCl_2 или хлороформ. Процессы хлорирования, как правило, нерентабельны. Однако они имеют практическое значение в тех случаях, когда переработке подвергаются бедные полиметаллические руды, из которых, кроме вольфрама, извлекают и другие металлы (например, оловянные руды, содержащие около 10 % вольфрама).

1.10 Электролиз

Была также сделана попытка получить вольфрамат натрия из вольфрамита путем электролиза, но этот способ не нашел практического применения. Он заключался в том, что на анод (никель или сплав никеля с 12 % молибдена) наносили пасту, состоящую из вольфрамита и 25 %-ного раствора едкого натра. Такой же раствор щелочи служил электролитом. Для изготовления катода применяли какой-либо химически стойкий металл, например, платину. При пропускании тока анод окисляется и образуются нерастворимые окислы железа (Fe_2O_3) и марганца (Mn_3O_4). Вольфрам в виде Na_2WO_4 переходит в раствор. Затем путем осаждения соляной кислотой получают неочищенную вольфрамовую кислоту.

1.11 Извлечение вольфрама из растворов экстракцией

Кислый раствор вольфрама натрия контактируют с солью органической кислоты и триалкилбензиламмония. Вольфрам из органической фазы реэкстрагируют раствором аммиака.

Соли четвертичного аммониевого основания минеральной кислоты обеспечивают более высокие коэффициенты распределения вольфрама и менее растворимы в воде, чем амины и их соли. Однако использование минеральных солей четвертичных аммониевых оснований (ЧАО) в качестве экстрагентов в технологии получения вольфрамового ангидрида затруднено по ряду причин, связанных с реэкстракцией вольфрама.

Максимальная экстракция вольфрама солями ЧАО, как и в случае с солями аминов, наблюдается при pH 2-4, что соответствует экстракции вольфрама в виде полимерных анионов. Полимерные анионы вольфрама в солях ЧАО практически не реэкстрагируются по анионообменному механизму простыми неорганическими анионами. Для их разрушения реэкстракцию проводят растворами соды и щелочей. Процесс перевода полимерных анионов в вольфрамат-ион протекает во времени и требует длительного перемешивания фаз. Проведение реэкстракции W раствором щелочи или соды обуславливает необходимость проведения дополнительной операции перевода вольфрамата натрия в аммиачную соль с последующим осаждением паравольфрамата аммония (ПВА). Как правило, после кристаллизации ПВА и его прокалки получаемый продукт не соответствует по содержанию примеси натрия кондиционному товарному продукту WO_3 . Требуется повторная перекристаллизация ПВА. Это, в свою очередь, сопровождается значительными затратами реагентов и потерями вольфрама.

1.12 Ионообменное извлечение вольфрама

Наиболее короткий метод очистки раствора вольфрамата натрия и извлечения вольфрама из раствора – сорбция иона WO_4 на ионообменной смоле и дальнейшая десорбция раствором NH_3 и NH_4 . Чтобы при десорбции не кристаллизовался паравольфрамат аммония, процесс надо вести в разбавленном растворе или при повышенной температуре. Десорбция осуществляется растворами щелочи с хлоридом натрия или соляной кислоты

с хлоридом аммония при разбавлении или повышенной температуре, чтобы избежать кристаллизации ПВА. Извлечение вольфрама составляет 96 % при содержании примесей не более 0,03 %.

Процессы ионного обмена можно описать следующими реакциями:



Количественной мерой способности ионита поглощать противоионы является емкость. Именно величина емкости определяет количество ионообменного материала, необходимого для решения поставленной задачи.

Существуют три вида емкости:

1) полная обменная емкость (ПОЕ) – табличная величина, она постоянна и соответствует концентрации активных групп (или фиксированных ионов) в ионите. Полная емкость соответствует максимально возможной емкости по отношению к одному противоиону или суммарной емкости по отношению ко всем противоионам;

2) равновесная (статистическая) обменная емкость (РОЕ) – емкость по отношению к определенному противоиону, которая имеет место при 18 установлении состояния ионообменного равновесия. Она определяется состоянием ионообменного равновесия, а, следовательно, зависит от тех факторов, которые влияют на ионообменное равновесие: вид противоионов, общая концентрация раствора, вид и концентрация конкурирующих ионов, селективность, степень поперечной связанности, рН и т.д.;

3) динамическая (рабочая) обменная емкость (ДОЕ) – емкость до проскока рассматриваемого противоиона в динамических условиях, когда через неподвижный слой ионита пропускается исходный раствор с концентрацией C_0 .

1.13 Получение вольфрамовой кислоты

Вольфрамовую кислоту из очищенных растворов вольфрамата натрия получают прямым осаждением, добавляя в раствор соляную кислоту, или предварительным осаждением из раствора вольфрамата кальция (искусственного шеелита) путем введения в раствор водного хлористого кальция. Недостаток прямого осаждения вольфрамовой кислоты заключается в образовании труднофильтруемых коллоидных осадков. Вольфрамовая кислота, полученная способом предварительного выделения вольфрамата кальция, обычно содержит 0,2-0,3 % примесей. Для богатых (до 75 % WO_3) и чистых шеелитовых концентратов используют кислотный способ разложения растворами концентрированной соляной кислоты при температуре 90-100 °С. При переработке загрязненных шеелитовых концентратов использовать такой способ неэкономично из-за необходимости многократных перечисток вольфрамовой кислоты. Способ кислотного разложения рекомендуется использовать для переработки природного шеелита с высоким содержанием молибдена, так как при избытке соляной кислоты большая часть молибдена переходит в раствор, а вольфрамовая кислота выпадает в виде осадка. Как правило, техническая вольфрамовая кислота содержит 1,5-3 % примесей (кремниевой кислоты, солей натрия и кальция, молибденовой кислоты и другие). Техническую вольфрамовую кислоту очищают, растворяя в аммиачной воде. При этом вольфрамат переходит в раствор в форме вольфрамата аммония. Раствор вольфрамата аммония после длительного отстаивания (8-12 часов) отделяют от осадка декантацией и направляют на выделение вольфрама, который осаждается в виде чистой вольфрамовой кислоты или паравольфрамата аммония. Для более эффективной очистки от примесей выделение паравольфрамата из аммиачных растворов осуществляется методами выпаривания и нейтрализации. В результате выпаривания получают паравольфрамат аммония. В паравольфрамат переводят не более 80 % W, чтобы избежать загрязнения примесями. Оставшийся вольфрам осаждают из раствора в виде вольфрамата кальция

или вольфрамовой кислоты и возвращают в предыдущие пределы. Полученные в результате аммиачной обработки вольфрамовой кислоты кристаллы паравольфрамата аммония содержат приблизительно 0,04 % примесей. При нейтрализации растворов вольфрамата аммония соляной кислотой в виде кристаллов паравольфрамата выделяется 85-90 % вольфрама. Однако способ нейтрализации не позволяет регенерировать аммиак и требует затрат чистой соляной кислоты.

1.14 Пирометаллургический способ переработки вольфрамовых концентратов

Известен способ пирометаллургической переработки вольфрамовых концентратов (промпродуктов) с получением ферровольфрама, содержащего 65-75 % вольфрама, в трехфазной электропечи с вращающейся ванной и мощностью трансформатора 3500 кВА при рабочем напряжении 187 В.

В качестве восстановителя при переработке концентратов используется металлургический кокс, а довосстановление шлака проводят кремнием ферросилиция. Ферровольфрам вычерпывают из электропечи при помощи специальной машины стальными ложками, вмещающими около 50 кг сплава. Извлечение вольфрама при выплавке составляет 99 %, а расход электроэнергии 3550 кВт·ч на тонну ферровольфрама (72 % W).

Согласно этому способу получают ферровольфрам с высокой температурой плавления, порядка 2400 °С, который невозможно слить из электропечи. В связи с этим производители вынуждены вычерпывать ферровольфрам из печи и затрачивать дополнительную электроэнергию для поддержания металла в тестообразном состоянии.

Еще один способ пирометаллургической переработки вольфрамовых концентратов карботермическим процессом. Этот способ восстановления окислов вольфрама углеродом является наиболее распространенным в мировой практике. Для более полного восстановления оксидов вольфрама и

железа углеродистый восстановитель брикетируют совместно с вольфрамовыми концентратами и флюсом. Ферровольфрам с содержанием около 80 % W наплавляют в электропечи на блок и извлекают из нее в твердом состоянии. Наплавление металла обычно длится в течение 36-40 часов и за это время в печь загружается столько колош шихты, пока ванна не заполнится.

После этого ванну электропечи выкатывают из-под электродов, удаляют образовавшееся кольцо шлака, высота которого достигает 0,5 м и затем ванну электропечи вместе с металлом охлаждают водой. Через несколько часов начинают разборку ванны электропечи, снимают верхнее кольцо, удаляют набивную массу и извлекают все еще раскаленный блок ферровольфрама, который опускают в чан с водой. Быстрое охлаждение блока металла облегчает его дробление под копром и последующее измельчение и дробление. Измельченный металл подвергают ручной сортировке с целью удаления кусков с угольной набивной массой, а также кусков с серебристым оттенком. В процессе разборки блока металла образуются богатые вольфрамом металлические и неметаллические промежуточные продукты, правильное использование которых в последующих плавках оказывает решающее влияние на экономичность процесса и качество ферровольфрама.

1.15 Основные направления применения вольфрама

Специальные стали.

Вольфрам используется в качестве одного из основных компонентов или легирующего элемента при производстве быстрорежущих сталей (содержат 9-24 % вольфрама W), а также инструментальных сталей (0,8-1,2 % вольфрама W - вольфрамовые инструментальные стали; 2-2,7 % вольфрама W - хромвольфрам-кремнистые инструментальные стали (также

содержат хром Cr и кремний Si); 2-9 % вольфрама W - хромвольфрамовые инструментальные стали (также содержат хром Cr); 0,5-1,6 % вольфрама.

Вольфрам - хромвольфраммарганцевые инструментальные стали (также содержат хром Cr и марганец Mn). Из перечисленных сталей изготавливают сверла, фрезы, пуансоны, штампы и др. В качестве примеров быстрорежущих сталей можно привести P6M5, P6M5K5, P6M5Ф3. Буква "P" означает, что сталь быстрорежущая, буквы "M" и "K" - что сталь легирована молибденом и кобальтом соответственно.

Твердые сплавы на основе карбида вольфрама.

Карбид вольфрама (WC, W₂C) - соединение вольфрама с Углеродом. Он имеет высокую твердость, износостойкость и тугоплавкость. На его основе созданы самые производительные инструментальные твердые сплавы, которые содержат 85-95 % WC и 5-14 % Co. Из твердых сплавов изготавливают рабочие части режущих и буровых инструментов.

Жаропрочные и износостойкие сплавы

Данные сплавы используют тугоплавкость вольфрама. Распространенность получили сплавы вольфрама с кобальтом и хромом - стеллиты (3-5% W, 25-35% Cr, 45-65 % Co). Их, обычно, с помощью наплавки наносят на поверхности сильно изнашивающихся деталей машин.

Контактные сплавы и «тяжелые сплавы».

К этим сплавам относятся сплавы вольфрама с медью и вольфрама с серебром. Это достаточно эффективные контактные материалы для изготовления рабочих частей рубильников, вольфрамовых электродов для точечной сварки и другое.

Электровакуумная и электроосветительная техника.

Вольфрам в виде проволоки, ленты и различных кованных деталей применяют в производстве электроламп, радиоэлектронике и рентгентехнике. Вольфрам лучший материал для нитей и спиралей накаливания.

Вольфрамовая проволока и прутки служат электронагревателями для высокотемпературных печей (до 3000 °С). Вольфрамовые нагреватели работают в атмосфере водорода, инертного газа или вакууме.

Сварочные электроды.

Очень важной сферой применения вольфрама является сварка. Из вольфрама изготавливают электроды для дуговой сварки. Вольфрамовые электроды являются неплавящимися.

2 Объект и метод исследования

Объектом исследования является процесс гидрофторирования вольфрамсодержащей руды, схема процесса приведена на рисунке 1. Предметом исследования является процесс получения триоксида вольфрама путем разложения паравольфрамата аммония в барабанной вращающейся печи при температуре 200 °С.

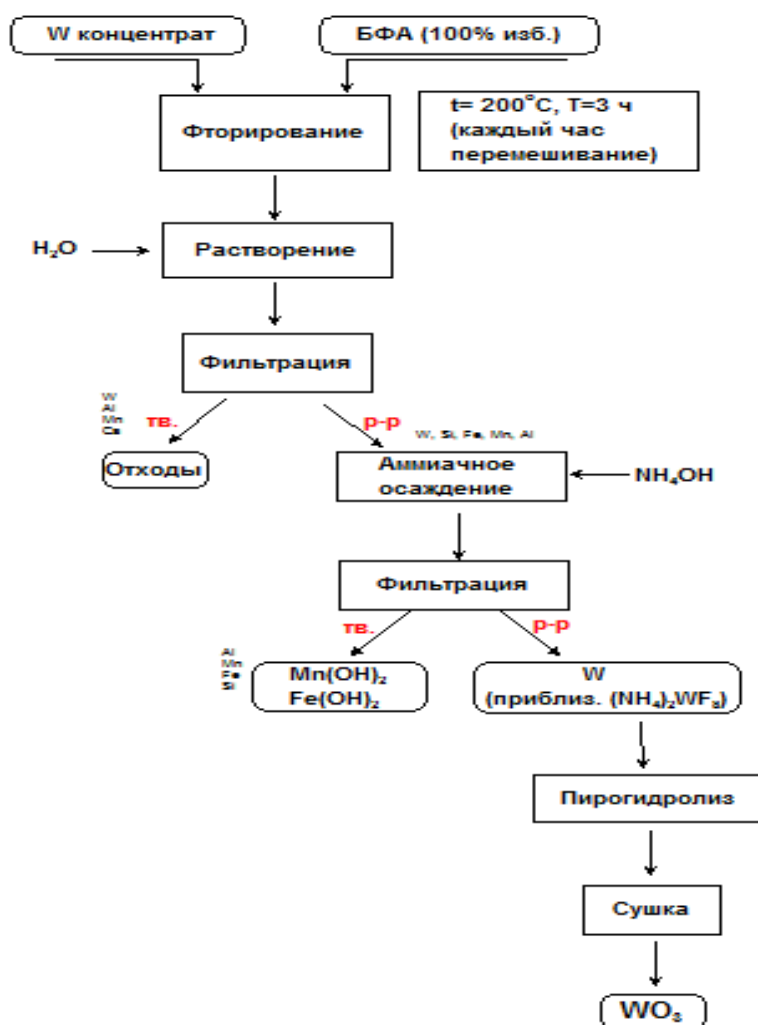


Рисунок 1 – Технологическая схема переработки вольфрамсодержащего концентрата

Технологическая схема включает в себя основные стадии:

- Фторирование;

- Растворение;
- Фильтрация;
- Аммиачное осаждение;
- Пирогидролиз;
- Сушка

Характеристика исходного сырья и готовой продукции.

подавляющее большинство месторождений вольфрама представлено комплексными рудами. Минералы группы вольфрамита окрашены в черный, коричневый или красновато-коричневый цвет. В вольфрамитах иногда в значительных количествах содержатся примеси тантала (до 1,6 % Ta_2O_5), ниобия (до 2,3 % Nb_2O_5), скандия (до 1 %), реже индия (до 0,016 % In_2O_3). Шеелит представляет собой почти чистый вольфрамат кальция. Цвет минерала белый, желтый, серый или бурый.

Шеелит часто содержит примеси молибдена (MoO до 1,0 %), бария (BaO до 0,1 %), стронция (SrO до 0,5 %), редких земель (TR_2O_3 до 1,5 %). В разновидности шеелита – молибдошеелите (зейригите) содержание молибдена достигает 6-16 %. Под воздействием ультрафиолетовых лучей шеелит флюоресцирует сине-голубым светом. При содержании молибдена более 1 % флюоресценция приобретает желтую окраску.

Триоксид вольфрама – это порошок лимонно-жёлтого цвета. Плотность 7,2-7,4 г/см³. Температура плавления 1470° С. В воде и минеральных кислотах практически не растворяется. До металла восстанавливается водородом при температуре 700-900° С, углеродом – при температуре 1000° С.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Расчет себестоимости передела

Калькуляция – это определение затрат в стоимостной (денежной) форме на производство единицы или группы единиц изделий, или на отдельные виды производств. Калькуляция даёт возможность определить плановую или фактическую себестоимость объекта или изделия и является основой для их оценки. Калькуляция служит основой для определения средних издержек производства и установления себестоимости продукции, представленной совокупностью используемых в процессе производства продукта сырья, энергии, трудовых ресурсов, основных фондов и других затрат на его производство.

5.2. Расчет эффективного фонда рабочего времени

Баланс времени одного рабочего устанавливает число дней, подлежащих отработке одним среднесуточным рабочим в год, в зависимости от принятого режима работы и продолжительности работы цеха и продолжительности рабочего дня. Цех будет работать в 3 смены продолжительностью по 8 часов каждая. Работа будет производиться 5-ю производственными бригадами.

Длительность сменоборота:

$$T_{\text{см.об.}} = n_{\text{б}} \cdot T_{\text{М}} \quad (51)$$

Где $n_{\text{б}}$ – число бригад; $T_{\text{М}}$ – число дней, когда бригада ходит в смену (3 дня).

$$T_{\text{см.об.}} = 5 \cdot 3 = 15 \text{ дней}$$

За длительность сменоборота бригада отдыхает 6 дней, за год 146 дней.

Таким образом, на одного среднесписочного рабочего приходится 219 рабочих дней и 146 выходных дней. Баланс рабочего времени представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Баланс рабочего времени среднесписочного рабочего

| Показатель | Дни | Часы |
|---|-----|------|
| Календарное число дней | 365 | 2920 |
| Нерабочие дни, выходные | 146 | 1168 |
| Номинальный фонд рабочего времени | 219 | 1752 |
| Планируемые выходные: | | |
| А) очередные и дополнительные отпуска | 24 | 192 |
| Б) по болезни | 8 | 64 |
| В) выполнение общественных обязанностей | 1 | 8 |
| Г) отпуск в связи с учебой | 3 | 24 |
| Эффективный фонд рабочего времени | 183 | 1464 |

5.2.1 Расчет эффективного фонда времени работы оборудования

За основной расчетный период принимаем календарный год – 365 дней или 8760 часов. Номинальный фонд работы оборудования:

$$T_H = D_p \cdot R_p,$$

где D_p – количество рабочих дней в расчетном периоде;
 R_p – количество рабочих часов в сутки.

При непрерывном режиме работы номинальный фонд времени равен календарному: $T_H = T_k = 8760$ часов. Эффективный фонд времени будет составлять:

$$T_{эф} = T_k - T_{рем} - T_{то},$$

где $T_{рем}$ – время простоя оборудования на ремонтах; $T_{то}$ – время технологических остановок. Определим $T_{рем}$ по основному аппарату (таблица 2) :

Таблица 2 – Время работы между ремонтами и время простоя при ремонте

| Время работы между ремонтами, час | | | Время простоя при ремонте, час | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------|--------------------------------|---------|---------|
| Капитальный | Средний | Текущий | Капитальный | Средний | Текущий |
| 51840 (6 лет) | 17280 (2 года) | 720 (6 мес.) | 2160 (3 мес.) | 400 | 16 |

Общее количество ремонтов за ремонтный период: $R = R_{ц} / T_{т}$,

где $R_{ц}$ – длительность ремонтного цикла; $T_{т}$ – пробег оборудования между текущими ремонтами.

$R = 51840 / 720 = 72$ ремонта за ремонтный цикл

Длительность ремонтного цикла: $R_{ц} / T_{н} = 51840 / 8760 = 6$ лет

Количество средних ремонтов за ремонтный цикл:

$$R_c = \frac{R_{ц}}{T_c} - 1,$$

где T_c – пробег оборудования между средними ремонтами;

$R_c = 51840 / 17280 - 1 = 2$ средних ремонта за ремонтный цикл

Количество текущих ремонтов:

$R_c = R_{ц} / T_c - R_c - 1 = 51840 / 720 - 2 - 1 = 69$ текущих ремонтов

Всего ремонтов в течение расчетного времени:

$72 / 6 = 12$, т. е. 1 средний и 11 текущих ремонтов.

Время на ремонт оборудования в расчетный период:

$$T_{рем} = 11 \cdot T_{т}' + T_{ср}' = 11 \cdot 16 + 400 = 576 \text{ ч}$$

Время технологически неизбежных остановок:

$$T_{то} = T_{ос} + T_{п}, \text{ Г}$$

где $T_{ос}$ – время остановки (8 ч); $T_{п}$ – время пуска (8 ч). $T_{то} = 8 + 8 = 16$ часов.

Эффективный фонд работы оборудования:

$$T_{эф} = T_{к} - T_{рем} - T_{то} = 8760 - 576 - 16 = 8168 \text{ часов} = 340 \text{ дней}$$

5.3 Расчет численности рабочих, служащих, ИТР и МОП

Численность производственных рабочих определяется исходя из прогрессивных норм обслуживания при полном обеспечении рабочими всех

мест. Число рабочих мест определяется исходя из необходимых точек наблюдения и операций обслуживания процесса, а также объема работы на управление каждым участком. Определим явочное число основных рабочих в сутки:

$$R_{\text{яв}} = \frac{1}{N_{\text{обс}}} \cdot F \cdot C$$

где $N_{\text{обс}}$ – количество оборудования, которое обслуживает 1 чел.(6); F – количество установок (8); C – количество смен в сутки (3).

$$R_{\text{яв}} = \frac{1}{6} \cdot 8 \cdot 3 = 4 \text{ человека}$$

Определим списочное число основных рабочих:

$$R_{\text{сп}} = R_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{эф.обор}}}{T_{\text{эф.раб}}}$$

Где $T_{\text{эф.обор}}$ – проектируемое число дней работы оборудования в год;
 $T_{\text{эф.раб}}$ – проектируемое число дней работы в год одного рабочего:

$$R_{\text{сп}} = 4 \cdot \frac{340}{155} = 9 \text{ человек}$$

Приведем состав рабочего персонала ниже в таблице 3

Таблица 3 – Состав рабочего персонала

| Наименование профессий | Разряд | Число рабочих в смену | Ряв в сутки | Рсп в сутки | Число рабочих дней в году | Число рабочих дней оборудования | Число смен в сутки |
|------------------------|--------|-----------------------|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Аппаратчик | 5 | 1 | 2 | 3 | 155 | 340 | 3 |
| Аппаратчик | 4 | 1 | 2 | 3 | 155 | | |
| Аппаратчик | 3 | 1 | 2 | 3 | 155 | | |

Расчет численности дежурного персонала:

Дежурный слесарь – 1;

Дежурный электрик – 1;

Дежурный КИПиА – 1.

Списочное число рабочих дежурного персонала: $R_{яв} = 4$ чел/сут; $R_{сп} = 9$ чел/сут.

Сведем число дежурного персонала в таблицу 4.

Таблица 4 – Количество дежурного персонала

| Профессия | Разряд | Число рабочих в смену | Число смен | $R_{яв}$ | $R_{сп}$ | Число рабочих дней в году | Число рабочих дней оборуд |
|-----------|--------|-----------------------|------------|----------|----------|---------------------------|---------------------------|
| Слесарь | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 155 | 340 |
| Электрик | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 155 | 340 |
| Сл. КИПиА | 5 | 1 | 3 | 2 | 3 | 155 | 340 |

5.4 Расчет численности ИТР и служащих

Расчет производится с учетом потребности цеха в каждой группе работников (Таблица 5).

Таблица 5 – Численность ИТР, служащих и МОП

| Наименование должности | Категория | Количество работников |
|------------------------|-----------|-----------------------|
| Начальник цеха | ИТР | 1 |
| Технолог цеха | ИТР | 1 |
| Мастер смены | ИТР | 4 |
| Ремонтные рабочие | МОП | 3 |
| Табельщик | Служащий | 1 |
| Уборщица | МОП | 2 |
| Итого: | | 12 |

5.5 Расчет годового фонда заработной платы

5.5.1 Расчет фонда заработной платы основных рабочих

Расчетный фонд заработной платы (ЗП) складывается из основной и дополнительной заработной платы. Основной фонд (ЗП):

$$Z_{осн.} = Z_{тар.} + D_{пр.} + D_{н.вр.} + D_{бр.} + D_{пр.д.} + Фм.$$

где $Z_{тар.}$ – тарифный фонд; $D_{пр.}$ – оплата премий; $D_{н.вр.}$ – доплаты за ночные смены; $D_{бр.}$ – доплата за бригадирство; $D_{пр.д.}$ – доплата за работу в праздники; $Фм$ – фонд мастера.

1. *Тарифный фонд*: $Z_{тар.} = Z^3 \text{ тар.} + Z^4 \text{ тар.} + Z^5 \text{ тар.},$

где $Z^3 \text{ тар.}, Z^4 \text{ тар.}, Z^5 \text{ тар.}$ – заработная плата по тарифным ставкам рабочих различной квалификации.

$$Z_{тар.} = R_{сп.} \cdot T_{эф.} \cdot T_{ст}$$

Где $R_{сп.}$ – списочное число рабочих; $T_{эф.}$ – эффективное время работы одного среднесписочного рабочего; $T_{ст.}$ – часовая тарифная ставка (таблица 6)

Таблица 6 - Часовая тарифная ставка для аппаратчиков

| | Разряд аппаратчика | | |
|----------|--------------------|----|----|
| | 5 | 4 | 3 |
| Тст, руб | 80 | 70 | 60 |

$$Z^3 \text{ тар.} = 3 \cdot 1240 \cdot 60 = 223200 \text{ руб.}$$

$$Z^4 \text{ тар.} = 3 \cdot 1240 \cdot 70 = 260400 \text{ руб.}$$

$$Z^5 \text{ тар.} = 3 \cdot 1240 \cdot 80 = 297600 \text{ руб.}$$

$$Z_{тар.} = 223200 + 260400 + 297600 = 781200 \text{ руб}$$

Доплата за работу в ночное время осуществляется отчислением 40 % от тарифной заработной платы: $D_{н.вр.} = Z_{тар.} \cdot П/100$

Где $П$ – процент отчисления.

$$D_{н.вр.} = 781200 \cdot 40 / 100 = 312480 \text{ руб}$$

Доплата премий – 20 % от тарифной заработной платы:

$$\text{Дпр.} = \text{З}_{\text{тар.}} \cdot \text{П} / 100 = 781200 \cdot 20 / 100 = 156240 \text{ руб}$$

Доплата за бригадирство – 10 % от $\text{З}_{\text{тар.}}^5$ (осуществляется аппаратчиком 5го разряда):

$$\text{Дбр.} = \text{З}_{\text{тар.}}^5 \cdot \text{П} / 100 = 297600 \cdot 10 / 100 = 29760 \text{ руб.}$$

Доплата за работу в праздничные дни. Принято 12 праздничных дней в году. Доплата в праздничные дни осуществляется по двойным тарифным ставкам:

$$\text{Дпр.д.} = \text{Д}^3 \text{ пр.д.} + \text{Д}^4 \text{ пр.д.} + \text{Д}^5 \text{ пр.д.}$$

где N – число праздничных дней в году.

$$\text{Д}^3 \text{ пр.д.} = 2 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 60 = 11520 \text{ руб.}$$

$$\text{Д}^4 \text{ пр.д.} = 2 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 70 = 13440 \text{ руб.}$$

$$\text{Д}^5 \text{ пр.д.} = 2 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 80 = 15360 \text{ руб.}$$

$$\text{Дпр.д.} = 11520 + 13440 + 15360 = 40320 \text{ руб.}$$

Премия из фонда мастера – 3 % от $\text{З}_{\text{тар.}}$:

$$\Phi_{\text{М}} = \text{З}_{\text{тар.}} \cdot \text{П} / 100 = 781200 \cdot 3 / 100 = 23436 \text{ руб.}$$

$$\text{Зосн.} = 5226480 + 2090592 + 1045296 + 199104 + 181440 + 156794 = 1187196 \text{ руб.}$$

5.5.2 Расчет годового фонда заработной платы ИТР и служащих

Оклады должностных лиц ИТР и младшего обслуживающего персонала принимаем следующим образом:

- Начальник цеха – 60000 руб.
- Технолог – 50000 руб.
- Мастер смены – 40000 руб.
- Ремонтные рабочие – 20000 руб.
- Табельщик – 15000 руб.
- Уборщица – 8000 руб.

1. Фонд заработной платы вычисляем путем умножения числа штатных единиц на их месячный оклад и на число месяцев работы в году.

Число месяцев работы в году для ИТР принимаем равным 11 месяцев, для служащих – 11,3 месяца.

$$\text{Фосн.} = 11 \cdot 60000 + 11 \cdot 50000 + 4 \cdot 11 \cdot 40000 + 3 \cdot 11,3 \cdot 20000 + 11,3 \cdot 15000 + 2 \cdot 11,3 \cdot 8000 = 3998300 \text{ руб.}$$

2. Дополнительная заработная плата ИТР и служащих находится по формуле: $\text{Здоп} = \text{Фосн} \cdot \frac{\text{Дотп}}{\text{Вк}} = 3998300 \cdot \frac{30}{365} = 328627$

где Фосн – основной фонд заработной платы; Дотп – календарное количество дней отпуска (30 дней); Вк – календарный год – 365 дней.

3. Доплата за работу в праздничные дни (рассчитывалась для мастера смены и уборщицы): $\text{Дпр.д} = \frac{\text{окл.} \cdot \text{N} \cdot \text{Ряв.}}{23,4} = 24615 \text{ руб}$

где окл. – месячный оклад; N – количество праздничных дней в году; 23,4 – среднемесячное число рабочих дней.

4. Годовой фонд заработной платы ИТР, служащих и МОП: $\text{Фзп} = \text{Фосн} + \text{Здоп.} + \text{Дпр.д.} = 3998300 + 328627 + 24615 = 4351542 \text{ руб}$

С учетом районного коэффициента: $\text{ЗЗ} = \text{Фзп} \cdot 1,3 = 4351542 \cdot 1,3 = 5657005 \text{ руб.}$

5.6 Расчет капитальных затрат

5.6.1 Расчет капитальных затрат на строительство

Величина капитальных затрат на здание цеха и его сооружение определяется по укрупненным параметрам. Такими параметрами являются: Стоимость 1м^2 здания согласно действующим поясным ценам на строительство и стройматериалы с учетом характера здания, его размеры и назначение. Выбираем под цех каркасное здание:

- длина 40 м.
- ширина 10 м.

Производственная площадь – 400 м^2 ;

Под склад принимаем территорию:

- длина 10 м.
- ширина 5 м.

Складская площадь – 50 м² ;

На офисные и санитарные площади приходится 72 м² . Суммарная площадь предприятия – 522 м² .

Стоимость 1м² – 10000 руб.; Стоимость здания – 5220000 руб.; Стоимость санитарно-технических работ составляет (600 руб./м²) – 313200 руб. Полная стоимость здания составит:

$$\text{Сзд} = 5220000 + 313200 = 5533200 \text{ руб.}$$

5.6.2 Расчет себестоимости оборудования

Для организации участка необходима закупка следующего оборудования:

| № | Наименование оборудования | Цена за ед., тыс. руб. | Кол. | Стоимость, тыс. руб. |
|--------------|-------------------------------|------------------------|------|----------------------|
| 1 | Бункер вольфрамовой руды | 11264 | 1 | 11264 |
| 2 | Бункер NH ₄ HF | 487 | 1 | 487 |
| 3 | Шнек – затвор | 372 | 5 | 1860 |
| 4 | Вращающаяся печь фторирования | 27900 | 1 | 27900 |
| 5 | Трубопровод обогреваемый | 93 | 1 | 93 |
| 6 | Бак H ₂ O | 93 | 1 | 93 |
| 7 | Скруббер Вентури | 305 | 1 | 305 |
| 8 | Эксгаустер | 42 | 1 | 42 |
| 9 | Насос | 186 | 1 | 186 |
| 10 | Емкость с мешалкой | 372 | 4 | 1488 |
| 11 | Барабанный вакуумный фильтр | 930 | 4 | 3720 |
| ИТОГО | | | | 47438 |

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:

- транспортные расходы на перевозку оборудования, заготовительно-складские работы составляют 8 % от стоимости оборудования:

$$З_{тр} = 47438 \cdot 0,08 = 3795 \text{ тыс. руб.}$$

- стоимость монтажных работ составляет 20 % от стоимости оборудования: $З_{монт.} = 47438 \cdot 0,2 = 9487 \text{ тыс. руб.}$

- стоимость специальных работ принимаем 10 % от стоимости оборудования (строительство фундаментов, трубопроводов, пусконаладочных работ): $З_{сп.р.} = 47438 \cdot 0,1 = 4743 \text{ тыс. руб.}$

Капитальные затраты на оборудование составят: $З_{к.об.} = Соб. + З_{тр} + З_{монт.} + З_{сп.р.} = 47438 + 3795 + 9487 + 4743 = 65463 \text{ тыс. руб.}$

Сумма капитальных затрат: $\sum З_{кап.} = Сзд. + З_{к.об.} = 5533200 + 65463 = 5598663 \text{ руб.}$

5.6.3 Расчет затрат на производство

Расходы на охрану труда и технику безопасности составляют 15 % от Фз.п.:

$$З_{о.т.} = 4351542 \cdot 0,15 = 1482712 \text{ руб.}$$

Балансовая стоимость здания условно принята 5533200 рублей.

Затраты на текущий ремонт здания составляют 2 % от стоимости здания: $З_{т.р.} = 5533200 \cdot 0,02 = 110664 \text{ руб.}$

Содержание здания (включает в себя затраты на освещение, отопление, вентиляцию) – 2 % от стоимости здания:

$$З_{сод.} = 5533200 \cdot 0,02 = 110664 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления – 3,7 % от стоимости здания:

$$З_{ам.} = 5533200 \cdot 0,037 = 204729 \text{ руб.}$$

Сумма затрат на содержание и эксплуатацию здания составляет:

$$\sum З = 110664 + 110664 + 204729 = 426057 \text{ руб.}$$

Текущий ремонт производственного оборудования обходится в 7 % от стоимости оборудования:

$$\text{Зт.р.} = 47438000 \cdot 0,07 = 3320660 \text{ руб.}$$

Отчисления на амортизацию оборудования – 10 % от стоимости оборудования: Зам. = 47438000 · 0,1 = 4743800 руб.

Расходы на содержание оборудования составляют 3 % от стоимости оборудования: Зс.о. = 47438000 · 0,03 = 1423140 руб.

Сумма расходов на содержание и эксплуатацию оборудования составляет: $\sum \text{З} = 3320660 + 4743800 + 1423140 = 9487600$ руб.

Таким образом, общепроизводственные расходы составят:

$$\text{Зобщ.} = 426057 + 9487600 = 9913657 \text{ руб.}$$

5.6.4 Калькуляция себестоимости

Результаты калькуляции себестоимости, основанные на выше изложенных расчётах, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Проектная калькуляция себестоимости 1 кг вольфрамсодержащего концентрата.

| Статьи | Ед. изм. | Цена, руб. | Норма в год | Сумма руб/год |
|----------------------------------|----------|------------|-------------|---------------|
| Исходное сырье | т | 11264 | 800 | 9011200 |
| Закупка NHF·HF | т | 487 | 1840 | 896080 |
| Электроэнергия на тех. нужды | гВт | 3000000 | 0,2 | 600 000 |
| Итого условно-переменные затраты | | | | 10507280 |
| Фонд ЗП | руб | | | 3998300 |
| Отчисление на социальные нужды | руб | | | 3497236 |
| Расходы на строительство здания | руб | | | 5220000 |

| | | | | |
|--|-----|--|--|-----------|
| Санитарно-технические работы | руб | | | 313200 |
| Расходы на оборудование: | | | | |
| • закупка оборудования | руб | | | 47438000 |
| • транспортные расходы | руб | | | 3795000 |
| • монтажные работы | руб | | | 9487000 |
| • специальные работы | руб | | | 4743000 |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования: | | | | |
| • амортизация оборудования | руб | | | 4743800 |
| • тек. и кап. ремонты | руб | | | 4102980 |
| • содержание оборудования | руб | | | 1423140 |
| Цеховые расходы: | | | | |
| • амортизация здания; | Руб | | | 204729 |
| • содержание здания; | руб | | | 110664 |
| • тек. и кап. ремонты; | руб | | | 110664 |
| • расходы на ОТ и ТБ | руб | | | 1482712 |
| Общепроизводственные расходы | руб | | | 13631569 |
| Итого условно-постоянные затраты | | | | 125216954 |
| Выручка | | | | 135724234 |