

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/РАБОТА

Тема работы
Проект цеха магнийтермического восстановления бериллия, производительностью 30 тонн в год

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0411	Абдыкеров Жанат Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. ХТРЭ	Петлин Илья Владимирович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Тухватулина Лилия Равильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ХТРЭ	Акимов Дмитрий Анатольевич			

По разделу «Автоматизация процесса»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭАФУ	Вильнина Анна Владимировна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ХТРЭ	Крайденко Роман Иванович	д.х.н.		

Реферат

Дипломный проект, 102 страницы, 8 рисунков, 22 таблицы, 13 источников, 6 листов графического материала формата А1 и 2 приложения.

Ключевые слова: бериллий, индукционная печь, магнийтермический способ получения бериллия.

Данный дипломный проект посвящен проектированию цеха для получения металлического бериллия производительностью 30 тонн в год. В ходе проекта проведён литературный обзор существующих методов получения металлического бериллия, проанализированы их основные достоинства и недостатки. Из известных методов выбран магнийтермический метод получения бериллия в индукционной печи. По результатам материального баланса произведен аппаратный и гидравлический расчёты индукционной печи. Кроме того, предложена функциональная схема автоматизации производства, рассмотрены основные опасности и вредности, а также рассчитаны основные технико-экономические показатели производства бериллия.

Оглавление

Введение	6
1. Обзор литературы.....	8
1.1 Минерально-сырьевая база.....	8
1.2 Способы получения металлического бериллия	11
1.3 Аппаратурное оформление	15
1.4 Выводы по аналитическому обзору	21
2. Объекты и методы исследования.....	22
2.1 Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы	24
3. Расчёты и аналитика	26
3.1 Материальный расчет.....	26
3.2 Тепловой расчет	32
3.3 Аппаратурный расчёт.....	41
3.3.1 Расчёт геометрии и габаритов основного аппарата.....	41
3.6 Энергетический расчёт	46
4. Автоматизация.....	49
4.1 Введение	49
4.2 Описание технологической схемы производства металлического бериллия	49
4.3 Контроль и автоматизация процесса	50
4.3.1 Составление функциональной схемы автоматизации.....	50
4.3.2 Описание функциональной схемы автоматизации.....	51
4.4 Перечень технологических параметров, подлежащих контролю, регулированию и сигнализации	52
4.5 Выбор первичных преобразователей	53
4.6 Заключение по автоматизации	56
5. Строительная часть	57

5.1 Основные конструктивные элементы здания	57
6. Социальная ответственность	64
6.2 Опасности технологического процесса при работе с бериллийсодержащими материалами	66
6.2.1 Требования к персоналу	67
6.2.2 Требования к организации и обеспечению индивидуальной защиты персонала	69
6.3 Электробезопасность	75
6.4 Пожарная безопасность	76
6.5 Производственное освещение	77
6.6 Производственная вентиляция.....	79
6.7 Шум и вибрация	80
6.8 Охрана окружающей среды	81
6.9 Заключение по разделу охраны труда и окружающей среды	82
7. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережения... 83	
7.1 Организация труда и заработной платы.....	83
7.1.1 Расчёт численности основных рабочих	83
7.1.2 Расчет численности рабочих, служащих, ИТР и МОП	84
7.1.3 Расчет годового фонда заработной платы.....	87
7.1.3.1 Расчет фонда заработной платы основных рабочих.....	87
7.1.3.4 Расчет годового фонда заработной платы ИТР, служащих и прочего персонала	89
7.2.1 Расчет капитальных затрат на строительство	93
7.2.2 Расчет стоимости оборудования.....	94
7.2.3 Расчет затрат на производство.....	95

7.3 Расчет технологических затрат.....	96
7.3.1 Расчет затрат на электроэнергию	96
7.3.2 Расчет затрат на воду	96
7.3.3 Расчет затрат на фторида бериллия BeF_2	96
7.3.4 Затраты на освещение	97
7.3.5 Затраты на вентиляцию	97
7.3.6 Затраты на отопление	97
7.3.7 Затраты на ОТ и ТБ	97
7.3.8 Отчисления на социальные нужды.....	98
7.4 Калькуляция себестоимости	98
Заключение	100
Список использованных источников	101

Введение

Бериллий - стратегический материал, поскольку он используется в высокотехнологичных вооружениях для нужд оборонной промышленности. Металл находит применение в реакторах на атомных подводных лодках и надводных кораблях, как инструмент активации ядерных боеголовок, в точных оптических компонентах, инерционных системах наведения, в спутниковом оборудовании и в переносном электронном оборудовании.

Бериллий незаменим в атомной промышленности. Кроме элементов конструкции самолета, бериллий также используется в газовых и нефтедобывающих промышленности, автомобильной промышленности и компьютерной электронике, формах для выдувания и инструментах впрыскивания. Другие области применения включают в себя электродную сварку, электрическое и медицинское оборудование, такие как рентгеновские аппараты, и автомобильные механизмы.

За последние несколько лет выросло потребление бериллия в автомобильной электронике в качестве медных сплавов бериллия (бериллиевой бронзы), используемых в распределении электрической энергии и сигнализации в автомашинах. Бериллий в автомобильной электронике также широко используется в качестве модулей для компьютерных систем управления двигателем, приводов головок для двигателей и различных датчиков.

В 2012 году объем мирового потребления бериллия, согласно оценкам, находился на уровне 440 тонн, что несколько меньше, чем в 2011 году. Примерно половина потребляемого в мире бериллия в последние годы приходится на США. Также крупными потребителями бериллия являются страны Европейского союза и АТР, преимущественно Китай. Россия импортирует бериллий, однако данный импорт нерегулярен, а его объемы могут варьироваться от 0 до 30 тонн в год.

Цена на чистый бериллий в последние годы находится в районе 500 долл./кг. Геологическая служба США в настоящее время предоставляет данные по изменению среднегодовой стоимости единицы бериллия в медно-бериллиевой сплав. Из графика стоимости такой единицы видно, что цены на бериллий в последнее десятилетие выросли примерно вдвое, в основном по причине роста спроса на этот металл на мировом рынке и ограниченности объемов его первичного производства. Мировой рынок бериллия, как прогнозируют эксперты, достигнет 505,6 тонн к 2017 году, при этом рост обеспечит использование бериллия в прикладных областях. В частности, спрос увеличится в сегменте оборудования/компьютеров и телекоммуникации, а также в автомобильной электронике. Рынок бериллия также извлечет выгоду из быстрого роста развивающихся рынков Азиатско-Тихоокеанского региона и Латинской Америки. [1]

1 Обзор литературы.

1.1 Минерально-сырьевая база.

Бериллий сравнительно широко распространен в земной коре, где его весовое содержание достигает примерно $6 \times 10^{-4}\%$.

В природе известно более двадцати минералов, содержащих бериллий, практическое значение имеют только три: берилл, фенакит и хризоберилл; промышленную ценность имеет только берилл. Этот минерал представляет собой силикат бериллия и алюминия и содержит приблизительно 14 % BeO, 19 % Al₂O₃ и 67 % SiO₂. Чистые разновидности берилла являются драгоценными камнями — изумрудом и аквамаринном. Берилл в месторождениях обычно не концентрируется в количествах настолько больших, чтобы его разработка могла оказаться достаточно экономичной при условии добычи только самого берилла. Наоборот, последний, как правило, добывают в качестве попутного продукта при добыче полевого шпата из пегматитов, при разработке слюдяных месторождений, при извлечении литиевых минералов из сподуме новых или лепидолитовых руд и т.д. До настоящего времени промышленный спрос, удовлетворяется главным образом концентратами кускового берилла, получаемого ручной рудоразборкой. Промышленные сорта бериллового концентрата содержат обычно от 10 до 12 % окиси бериллия. Концентраты с содержанием более 12 % окиси бериллия получаются редко; обычно же содержание окиси бериллия в концентрате лежит в пределах от 9 до 11 %. Другими составляющими концентрата являются окись алюминия (17—19 %), кремнезем (64—70 %) и небольшое количество других окислов. Основные сопутствующие минералы в берилловом концентрате представлены полевым шпатом, кварцем и слюдой.

Согласно технико-экономическим расчетам для бериллиевых месторождений минимальное промышленное содержание составляет

0,2-0,35 % BeO. В комплексных месторождениях содержание бериллия находится на уровне 0,05-0,1 % BeO при условии извлечения всех полезных компонентов. Этим условиям из числящихся в Госбалансе отвечают только Ермаковское, Пограничное и Малышевское месторождения.

Ермаковское флюорит-берtrandит-фенакитовое месторождение (республика Бурятия) является единственным крупным месторождением (6,4 % от запасов) с богатыми флюорит-берtrandит-фенакитовыми рудами. Оно разрабатывалось в 1975-1989 гг. Забайкальским ГОКом, карьер остановлен на горизонте 836 м. В начале эксплуатации среднее содержание BeO в рудах месторождения составляло 1,3%, верхняя, наиболее богатая часть рудных зон уже отработана. Руды, оставшиеся в недрах, содержат 1,19 % BeO, однако эти залежи менее компактны, чем отработанные. Это месторождение является уникальным не только по своим промышленным характеристикам, но и по богатству ассоциаций редких бериллиевых минералов (мелинофана, лейкофана, эвдидимита, бавенита, миларита и гельвина). [2]

До 1994 года поставщиком бериллового концентрата служило крупное Малышевское изумрудно-бериллиевое месторождение.

Попутное получение бериллового концентрата на изумрудно-бериллиевом месторождении можно проводить без ущерба для добычи изумрудов и хризоберилла, содержащиеся в изумрудноносных прожилково-метасоматических (сланцевых) зонах, в которых также присутствует большое количество рудоразборного берилла. Может быть также возобновлена отработка богатых берилл-плагиоклазовых жил, лишённых изумрудов. Это единственное в своём роде месторождение является резервом исключительно красивых коллекционных штучков (Попов и др., 1998), которые должны отбираться в процессе добычи квалифицированными минералогами, а его дальнейшее исследование даст ключ к разгадке образования уникального объекта. [2]

Так же имеются крупнейшие по флюориту Вознесенское и Пограничное месторождения (Приморский край), обеспеченные запасами комплексных редкометалльно-флюоритовых руд. На их долю приходится не менее 10-12 % балансовых запасов бериллия, а забалансовые запасы составляют около 40 % всех запасов России. В настоящее время Be, Li, Rb, Cs при их эксплуатации не извлекаются, хотя по стоимости в 6 – 20 раз превышает стоимость извлекаемого флюорита, а складируется в хвостах флюоритовой флотации, образуя крупное техногенное месторождение, с запасами более 15 млн. т при содержании в них 14,3% флюорита, LiO_2 – 0,67%, BeO – 0,144%. В последние годы карьером начата отработка Пограничного месторождения, в рудах которого содержание BeO выше – 0,247%, а в хвостах после извлечения флюорита повышается до 0,32 %. Усовершенствование технологии переработки хвостов с получением товарных продуктов обеспечит все настоящие и будущие потребности отечественной промышленности не только в бериллии, но и в литии, а также значительно улучшит экологические условия на территории промышленного района. [2]

Этот рудный район уникален не только крупнейшими запасами полезных ископаемых, но и их разнообразием – помимо редкометалльно-флюоритовых месторождений, он включает месторождения Sn и Ta. Вознесенский район также чрезвычайно интересен для изучения источников рудного вещества, так как здесь граниты и руды разных типов различаются соотношением мантийного и корового материала. Причём редкометалльно-флюоритовые руды отличаются наиболее высокой долей мантийного вещества. [3]

Активные запасы бериллия в недрах России нельзя считать неисчерпаемыми. Такие жемчужины, как Ермаковское, Малышевское, Вознесенское, Пограничное неповторимы, их надо беречь, а эксплуатация техногенных месторождений, в которых полезные ископаемые уже

выведены на поверхность и измельчены, должна получать налоговые и иные преференции.

1.2 Способы получения металлического бериллия

1.2.1 Магнийтермический способ получения металлического бериллия.

В настоящее время большая часть промышленного выпуска бериллия, в том числе и в России, осуществляется магниетермическим методом. Технологический процесс состоит в следующем Растворяя в плавиковой кислоте техническую окись или гидроокись бериллия, получают раствор фтористого бериллия. Затем вводят фтористый (или кислый фтористый) аммоний, получая раствор фторобериллата аммония. Из такого раствора имеющиеся в нем примеси железа, марганца и тяжелых металлов удаляют сорбционным методом и последующей дополнительной обработкой содержащими серу органическими соединениями. Затем раствор упаривают до выпадения кристаллов негигроскопичной соли — двойного фторида бериллия и аммония. Эту соль отделяют от маточного раствора центрифугированием, сушат и затем подвергают термическому разложению в индукционной печи с графитовым тиглем при температуре, близкой к 900° , подгружая фторобериллат аммония порциями в тигель по мере удаления фтористого аммония. Фтористый аммоний, вместе с которым удаляется и содержащаяся в двойном фториде примесь кремния, улавливают в специальном конденсаторе и возвращают на первую операцию технологического процесса Фтористый бериллий, находящийся при температуре 900° в расплавленном состоянии, выливают в графитовые изложницы и после его затвердевания и охлаждения до комнатной температуры применяют в качестве исходного сырья для получения бериллия восстановлением магнием. Этот процесс осуществляют в индукционной печи с графитовым тиглем, закрытым графитовой крышкой,

при двух температурных режимах. Вначале, при температуре около 900° , происходит восстановление бериллия из его фторида по реакции $\text{BeF}_2 + \text{Mg} \rightarrow \text{Be} + \text{MgF}_2$, а затем, при повышении температуры до $1350\text{—}1400^{\circ}$ (точка плавления бериллия 1315°), происходит слияние мелких частичек восстановленного бериллия в единую линзу, плавающую благодаря малому удельному весу на поверхности более тяжелого шлака. С целью понижения температуры плавления фтористого магния, образующегося при восстановлении, для получения жидкого шлака, облегчения слияния частичек восстановленного бериллия в линзу вследствие растворения имеющейся на их поверхности окиси бериллия, а также для снижения до минимума содержания магния в бериллии в шихту вводят избыточное количество фторида бериллия (избыток до 60%). При понижении температуры в тигле до 1200° с него снимают крышку и щипцами вынимают плавающий на поверхности расплавленного шлака слиток бериллия или выливают содержимое тигля в изложницу. После охлаждения этого слитка до комнатной температуры приставшим к его поверхности шлак удаляют выщелачиванием водой или механическим способом. Технологическая схема получения бериллия восстановлением из его фторида магнием показана на рисунке 1. [4]

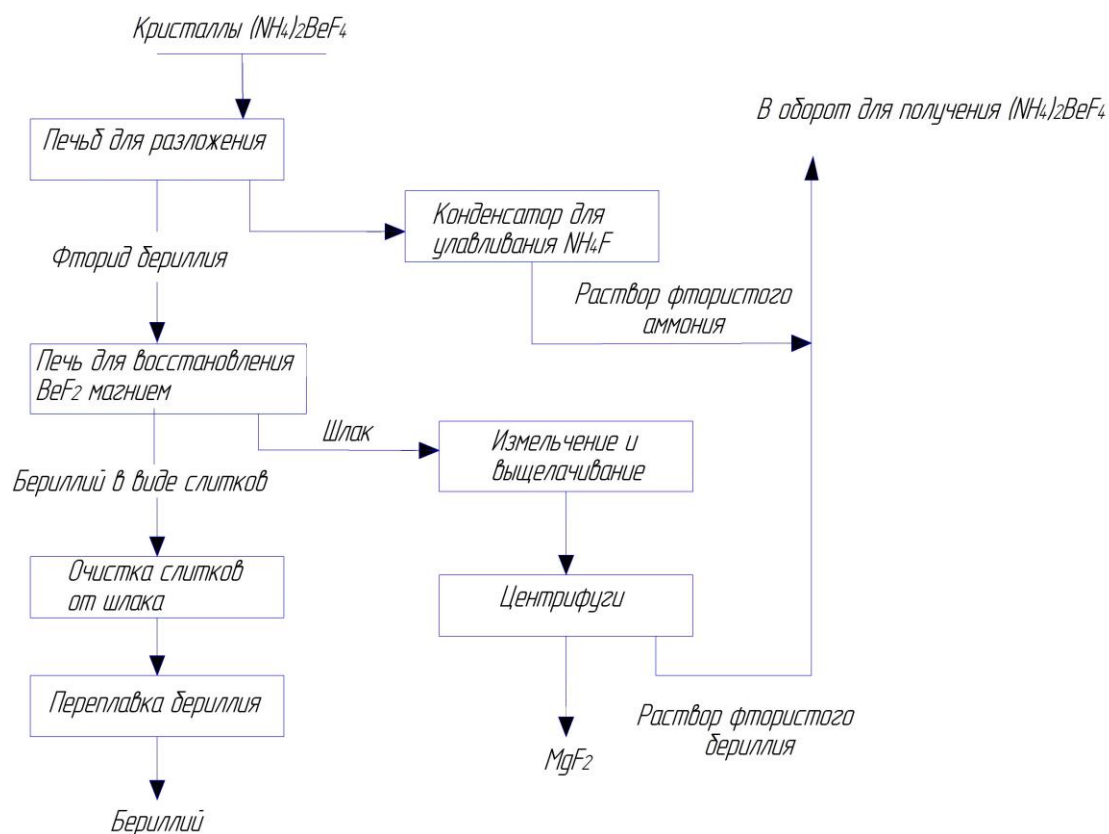


Рисунок 1 – Технологическая схема получения бериллия восстановлением из его фторида магнием

Вылитый шлак выщелачивают водой для извлечения из него фтористого бериллия. Полученный раствор фторида бериллия также возвращается на соответствующую стадию технологического процесса.

1.2.2 Электролизный способ получения бериллия

Одна из американских компаний (Клифтон Продактс) до настоящего времени получает бериллий электролизом расплавленного хлорида бериллия. Этот способ применялся до 1945 г. для получения бериллия и в Германии. Электролитически осажденный бериллий имеет вид хлопьев (дендритную структуру) и называется «хлопьевидным металлом».

1.2.3 Способ получения бериллия восстановлением фторбериллата кальция магнием.

Известен также способ получения бериллия восстановлением магнием фторбериллата кальция. Применяемый для восстановления

магний вводят в виде заранее приготовленного сплава магний — цинк. Из полученного при восстановлении сплава цинка с бериллием в вакууме отгоняют цинк, который затем возвращают в процесс. Губчатый бериллий, остающийся после отгонки цинка, переплавляют и отливают в слитки.

1.3 Аппаратурное оформление

Индукционные печи отличаются следующими преимуществами:

- 1) нет высокотемпературных дуг, что уменьшает поглощение водорода и азота и угар металла при плавлении;
- 2) угар легирующих элементов при переплаве легированных отходов, можно не учитывать в связи с незначительностью;
- 3) индукционные печи позволяют поместить их в закрытые камеры и вести плавку и разливку в вакууме или в атмосфере инертного газа, за счет малых габаритов;
- 4) процесс происходящий в индукционных печах способствует получению однородного по составу и температуре металла, за счет электродинамического перемешивания.

Основными недостатками индукционных печей являются малая стойкость основной футеровки и низкая температура шлаков, которые нагреваются от металла; из-за холодных шлаков затруднено удаление фосфора и серы при плавке. Индукционные печи делят на три типа:

- 1) питаемые током повышенной частоты (44-67 кГц);
- 2) питаемые током средней частоты (500-10000 Гц);
- 3) питаемые током промышленной частоты (50 Гц).

В печах первого типа частота питающего тока обычно снижается по мере роста емкости и диаметра тигля; малые (несколько килограмм и менее) печи питаются током с частотой от 50 до 1000 кГц, средние и крупные (емкостью до десятков тонн) токами с частотой 0,5—10 кГц. Индукционная плавильная установка состоит из печи с механизмом наклона и питающего электрооборудования (генератора повышенной частоты, батареи конденсаторов, щита управления и на крупных печах — автоматического регулятора электрического режима).

Максимальная ёмкость индукционных печей 60 т [5].

Основными элементами индукционной печи являются: каркас, индуктор и огнеупорный тигель, который иногда закрывают крышкой.

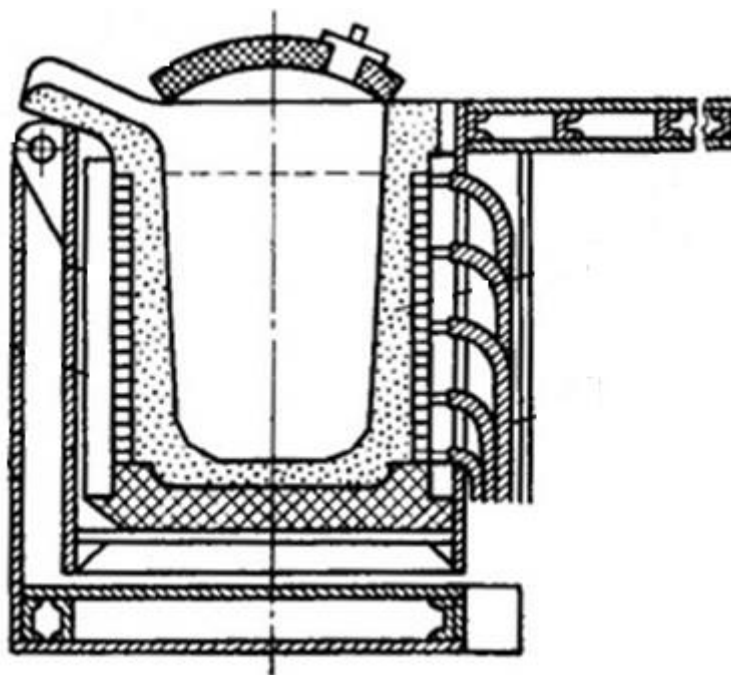


Рисунок 3 – Схема индукционной печи

Каркас (кожух) печей небольшой емкости ($<0,5$ т) изготавливают в форме прямоугольного параллелепипеда, используя такие материалы, как асбоцемент, дерево, выполняя несущие ребра из уголков и полос немагнитной стали, дюралюминия. Для исключения возникновения кольцевых токов в тех местах где соединяются металлические элементы укладывают изоляционные прокладки. В средне- и больше-емкостных печах каркас выполняют из стали. Данный каркас представляет из себя сплошной кожух цилиндрической формы. Для уменьшения нагрева каркасов индукционных печей, а, следовательно, и уменьшения потерь теплоты используют следующее:

- а) материалом каркаса выступает немагнитная сталь;
- б) можно так же разместить магнитопровод между каркасом из обычной стали и индуктором, расположенных вдоль индуктора;

в) разместить замкнутый медный или алюминиевый экран между каркасом и индуктором, уменьшение нагрева каркаса будет происходить за счет низкого удельного сопротивления алюминия или меди.

В каркасе жестко крепят индуктор, подовую плиту, верхнюю керамику, пакеты магнитопровода. Для того, чтобы осуществить поворот печи при сливе металла, необходимо к передней части каркаса на уровне сливного носка прикрепить две.

Футеровка индукционной печи состоит: футеровки тигля, подовой плиты (подины), верхней керамики (воротника) со сливным носком. Подовая плиту изготавливают из шамотных блоков или кирпичей, иногда из огнеупорного бетона, но только на крупных печах.

Футеровка тигля должна обладать следующими свойствами:

1. высокой огнеупорностью;
2. высокой шлакоустойчивостью;
3. высокой термостойкостью;
4. высокой механической прочностью.

Футеровка индукционных печей делится на два вида: основную и кислую. Кислую, набивную футеровку изготавливают из дробленого кварцита (фракции размером менее 3,5 мм) или кварцевого песка, в котором связующим элементом выступает борная кислота с массовой долей 3%. Для основных же тиглей чаще всего применяют магнезитовый порошок, а связкой в нем выступает огнеупорная глина, либо жидкое стекло.

Индуктор предназначен для создания переменного магнитного поля заданной напряженности, который индуцирует ток в нагреваемых материалах. Индуктор изготавливают в виде однослойной цилиндрической катушки из медной полый трубки специального профиля (соленоида), витки которого укладываются или в виде спирали (спиральный индуктор) с постоянным углом наклона витков и заданным шагом навивки или в виде катушки, все витки которой располагаются в горизонтальных плоскостях, а

переходы между соседними витками осуществляют наклонным участком (индуктор с транспозицией витков).

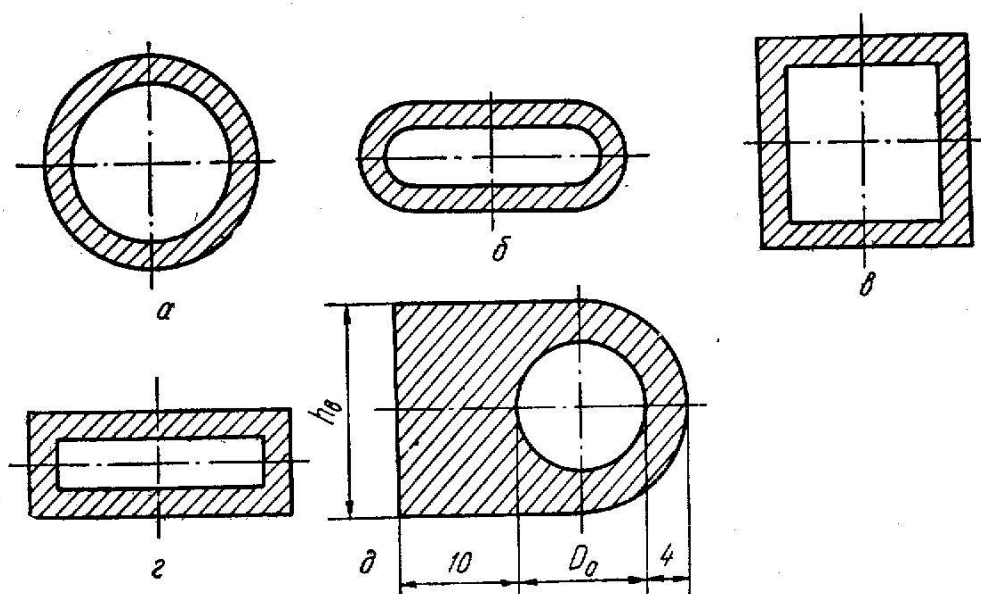


Рисунок 5 – Профили трубки индуктора:

- а) – круглый (ГОСТ 617-72); б) – овальный; в) – квадратный (ГОСТ 16774-71); г) – прямоугольный (ГОСТ 16774-71);
д) – неравностенный (D –образный)

Жесткость конструкции индуктора может быть обеспечена двумя способами:

1. При наличии электроизоляционного промежутка между витками креплением каждого витка к независимым изоляционным стойкам с помощью приваренных к нему латунных шпилек.

2. Сжатием всех витков между двух плит из изоляционного материала с фиксацией вертикальными стойками. В этом случае витки между собой изолируют прокладками из пиканита, стеклоленты или обмазки.

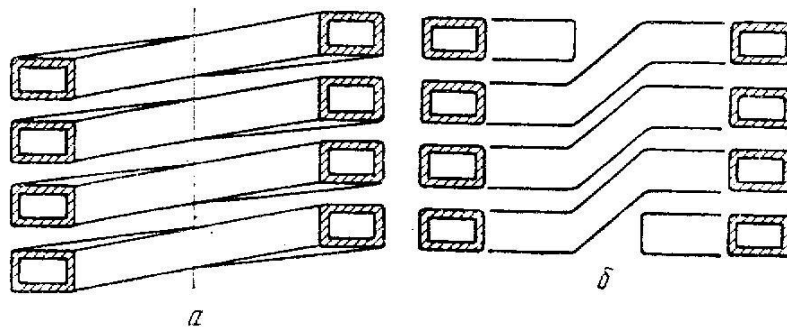


Рисунок 6 – Спиральная навивка индуктора (а), транспозиция (б)

Водяное охлаждение обеспечивает надежность отвода теплового потока от расплавленного металла через футеровку тигля при обеспечении следующих условий:

а) температура воды не должна превышать температуры выпадения солей жесткости ($35...45^{\circ}\text{C}$) для предотвращения образования накипи внутри трубок и ухудшения теплоотвода от них;

б) температура индуктора не должна быть ниже температуры окружающей среды. В противном случае будет происходить конденсация паров воды и запотевание индуктора, что может привести к пробоя изоляции между витками;

в) напор потребляемой воды не должен превышать 2 атм. с целью обеспечения возможности использования обычной водопроводной.

Для слива металла из тигля после окончания плавки печь наклоняют на угол $95...100^{\circ}$. Для того чтобы уменьшить длину струи металла и не перемещать разливочный ковш вслед за изменением положения носка тигля, ось наклона печи располагают вблизи носка или непосредственно под ним.

Наклон печи производят одним из способов:

- с помощью ручного привода или рычагов (только для лабораторных установок);
- тельфера или другого подъемного механизма, установленного в цехе. При этом крюк подъемного устройства закрепляют за специальную скобу, предусмотренную на каркасе печи;

- электромеханического привода, состоящего обычно из электродвигателя, редуктора и цепной передачи, установленных на опорной раме печи;

- гидропривода, включающего маслonaпорную установку для создания давления жидкости в системе, плунжеры и гидроцилиндры, шарнирно связанные с корпусом печи. Для наклона печи на две стороны гидравлический механизм снабжается двумя парами цилиндров.

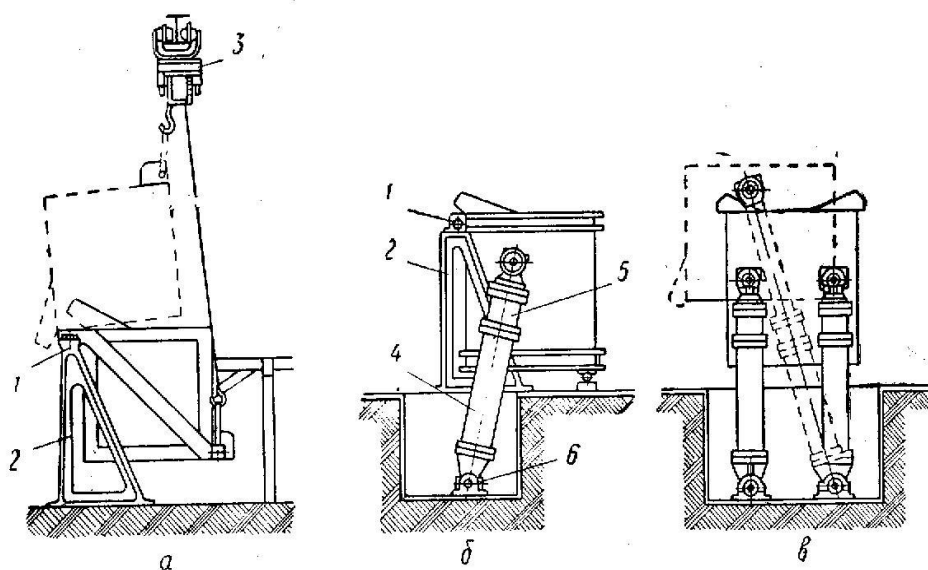


Рисунок 7 – Схемы механизмов наклона индукционных тигельных печей.

1 – ось наклона печи; 2 – опорная стойка; 3 – тельфер; 4 – цилиндр; 5 – плунжер; 6 – опора цилиндра; ----- – положение печи при наклоне.

Последний вид механизма наклона получил наибольшее распространение благодаря простоте конструкции и обеспечению плавности хода. Маслonaпорную установку располагают обычно рядом с печью, вне рабочей площадки. Пульт управления размещают на рабочей площадке в месте удобном для наблюдения за процессом слива металла. Основным недостатком этого типа механизма следует считать необходимость иметь под печью значительное пространство для установки гидроцилиндров.

Для удобства снятия и закрытия герметичной крышки используют механизм поворота свода, который представляет собой простые рычажные или кулачковые приспособления, позволяющие легко приподнимать крышку на 1...2см, после чего отводить ее в сторону.

Для поворота свода печей большой емкости используют гидравлические цилиндры. Для уменьшения излучения из тигля над ним устанавливают футерованную крышку [5].

Выводы по аналитическому обзору

Рассмотрев вышеперечисленные методы получения металлического бериллия выберем, как наиболее изученный и эффективный, метод получения металлического бериллия магнийтермическим восстановлением, ввиду универсальности процесса.

2 Объект и методы исследования.

Главной реакцией процесса является:



Процесс проводится при 1000 °С. После этого температуру повышают до 1400 °С для образования единой бериллиевой линзы.

При проведении процесса со стехиометрическим соотношением реагентов продукты реакции плохо разделяются. Оптимальным количеством магния считается 75% от стехиометрически необходимого. В таком случае бериллий легко отделяется от шлака в процессе водного выщелачивания, в то время как большая часть выделяющегося во время реакции тепла расходуется на плавку реагентов. Непрореагировавший бериллий отправляется обратно в процесс. В шлаке фторид магния находится в виде довольно крупных игольчатых кристаллов, каждый из которых заключён плёнкой цементирующего шлака фторида бериллия. Под действием горячей воды фторид бериллия быстро растворяется, вызывая растрескивание шлака, в результате чего высвобождаются частицы металлического бериллия.

Сам процесс проходит в графитовом тигле, который нагревается индукционной печью. Печь заполняется инертным газом, чтобы избежать взаимодействия бериллия и магния с кислородом и азотом. Также в качестве флюса используется избыток фтористого бериллия по причине, описанной в предыдущем абзаце.

Термодинамические расчёты и таблица с некоторыми важными параметрами реагентов и продуктов представлены ниже.

В качестве исходного реагента не используется оксид бериллия из-за его высокой термодинамической прочности. Вместо магния можно использовать кальций, однако конечный продукт будет загрязнён бериллидом кальция CaBe_{13} . Другой восстановитель – углерод – не используется из-за образования карбида бериллия. Щелочные металлы не

подходят для процесса, так как они обладают низкими температурами кипения.

Из всех бериллиевых галогенидов выбран фторид, так как он обладает достаточно высокими температурами плавления и кипения, что позволяет проводить процесс при температуре выше температуры плавления бериллия и атмосферном давлении.

Таблица 1 – Термодинамические характеристики реагентов и продуктов

Параметры	BeF ₂	Mg	Be	MgF ₂		
T _{пл.} , °C	803	650	1278	1396		
T _{кип.} , °C	1175	1090	2970	2250		
ΔH ⁰ ₂₉₈ , кДж/моль	-1027	0	0	-1124		
S ⁰ ₂₉₈ , Дж/моль×К	45	32,7	9,54	57,2		
a, Дж/моль×К	51,84	24,90	34,33	16,44	27,16	61,60
b, Дж/моль×К ²	–	11,45×10 ⁻³	–	7,67×10 ⁻³	–	9,17×10 ⁻³
c', Дж/моль×К ³	–	-0,491×10 ⁵	–	-2,97×10 ⁵	–	-8,00×10 ⁵

Наряду с магниитермическим восстановлением фторида бериллия для получения металлического бериллия используют также электролиз расплавленного хлорида бериллия [6].

3.1 Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы

Восстановление фторида бериллия магнием производится в высокочастотной печи (1) с графитовым тиглем.

Для того, чтобы свести к минимуму загрязнение воздуха в цехе, печь (1) снабжается местной вентиляционной системой. Кроме того, вся установка заключена в вентилируемую камеру, куда обслуживающий персонал входит только на очень короткое время. Шихта, которую мы загружаем в печь (1) состоит из гранул фторида бериллия, полученных в печи разложения непрерывного действия, и небольших кусков магния. Восстановление является периодической операцией с продолжительностью цикла, равной 3.5 часа.

По окончании реакции жидкотекучее содержимое тигля выливается в тигель-приёмник. Тигель-приёмник с продуктами реакции закрывают и ставят для охлаждения, после охлаждения этого слитка до комнатной температуры приставшим к его поверхности шлак удаляют выщелачиванием водой или механическим способом. Полученный бериллий отправляется на вакуумную плавку (2) с целью очистки от примесей металлов. Шлак же, представляющий собой смесь фторидов магния и бериллия, разгружают в шаровую мельницу (3) из нержавеющей стали, где смесь с целью отделения фторида магния подвергают мокрому размолу.

Раствор через мельницу непрерывно. Выходящий из мельницы раствор направляется в реактор смешения (4), куда поступает гидрофторид аммония с целью растворения оставшегося в избытке фторида бериллия и получения тетрафторбериллата аммония. Далее с помощью фильтрующей станции (5) твердый фторид магния отделяется от раствора тетрафторида бериллия и отправляется в барабанную сушилку (6). Где мы получаем второй продукт - кристаллы фторида магния. Получившийся же

тетрафторбериллат аммония отправляется предыдущую стадию получения фторида бериллия.

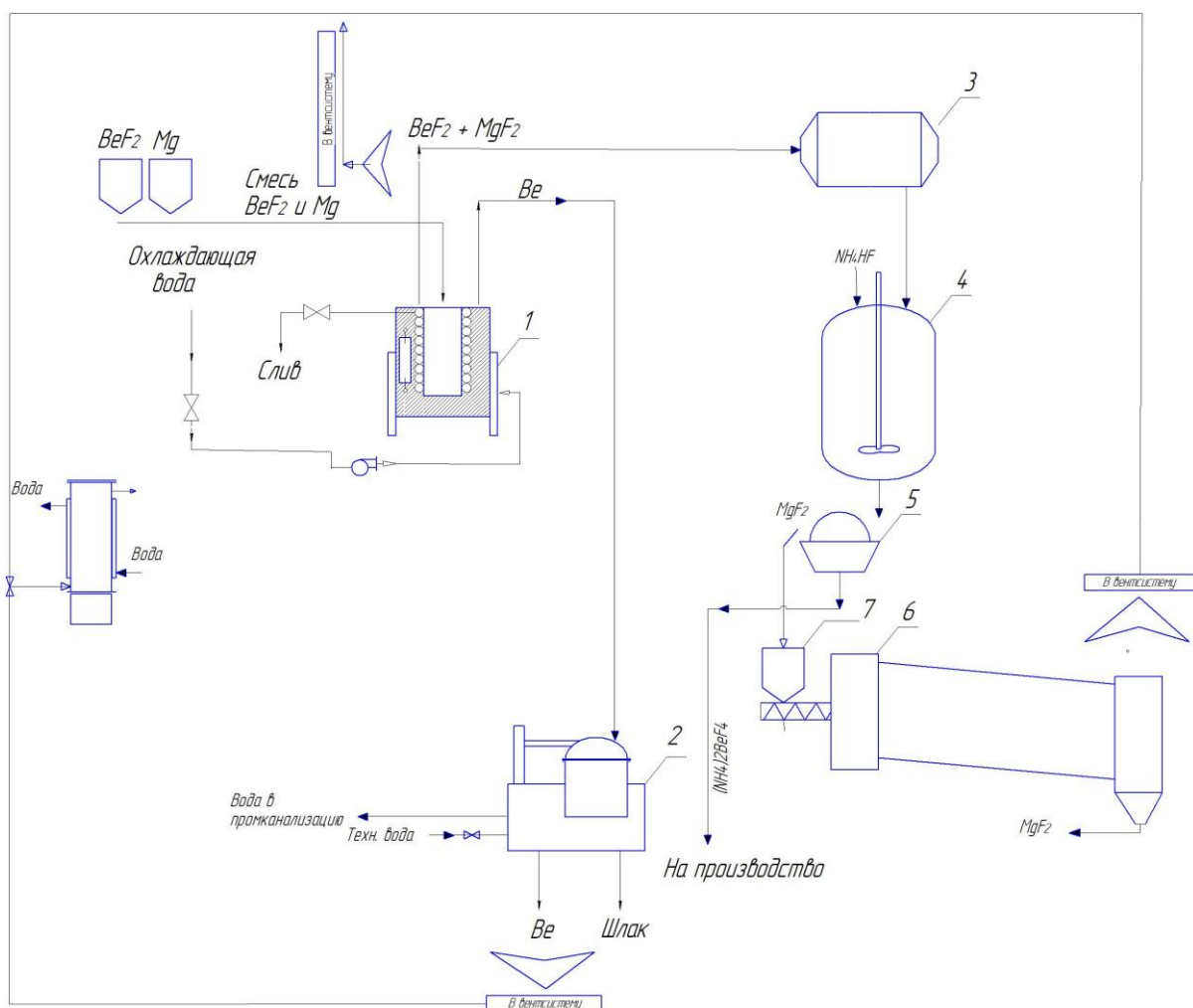


Рисунок 8 – Технологическая схема процесса получения бериллий магнийтермическим способом

Полученный этим способом металлический бериллий содержит в среднем около 97 % бериллия при содержании металлических примесей от 0.2 до 0.5 %. Содержание углерода составляет приблизительно 0.02 %. [7]

8 Экономическая часть

Целью экономического расчета является определение себестоимости технологического процесса, расходов на монтаж, обслуживание и эксплуатацию оборудования, определение точки безубыточности и оценка эффективности проекта.

8.1 Организация труда и заработной платы

8.1.1 Расчёт численности основных рабочих

Баланс времени одного рабочего устанавливает число дней подлежащих отработки одним среднесуточным рабочим в год, в зависимости от принятого режима работы цеха, продолжительности работы цеха и продолжительности рабочего дня. Цех будет работать в 3 смены продолжительностью по 8 часов. Работа будет производиться четырьмя производственными бригадами. График сменности рабочих бригад приведен в таблице 10.

Таблица 10 – График сменности бригад

Дни \ Смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
с 0 до 8	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г
с 8 до 16	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А
с 16 до 24	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В
Выходные	Г	Г	В	Б	А	А	Г	В	Б	Б	А	Г	В	В	Б	А	Г	Г	В	Б	А	А	Г	В	Б	Б	А	Г	В	В	Б

где А,Б,В,Г – бригады.

Длительность сменоборота:

$$T_{\text{см.об.}} = n_6 \cdot T_m,$$

где n_6 – число бригад;

T_n – число дней, в которые бригада ходит в смену.

$$T_{см.об.} = 4 \cdot 4 = 16 \text{ дней.}$$

За длительность сменоборота бригада отдыхает 4 дня, за год 91 день, а количество ночных смен в год – 81. Таким образом, на одного среднесуточного рабочего приходится 91 день выходных и 81 ночная смена в год. Составим баланс рабочего времени среднесписочного рабочего, с целью определения фонда рабочего времени.

Таблица 11 – Баланс рабочего времени среднесписочного рабочего.

Элементы времени	Количество дней	Количество часов
Календарное число дней	365	2920
Нерабочие дни, выходные	90	720
Номинальный фонд рабочего времени	274	2192
Планируемые выходные:		
а) отпуска	22	172
б) болезни	10	80
в) выполнение общественных обязанностей	2	16
г) учеба	4	24
Итого:	40	320
Эффективный фонд рабочего времени	232	1864

Эффективный фонд рабочего времени составит 1864 – часа.

8.1.2 Расчет численности рабочих, служащих, ИТР и МОП

а) Расчет численности основных рабочих

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.

1) Определим явочное число основных рабочих в сутки:

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

где $N_{\text{обс}}$ – норма обслуживания;

F – количество установок ;

C – количество смен в сутки.

Учитывая, что работа основных производственных рабочих заключается в наблюдении за ходом процесса, количество рабочих цеха в смену составит 9 человек.

$$N_{\text{яв}} = 9 \cdot 3 = 27 \text{ рабочих.}$$

2) Определим списочное число основных рабочих:

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

где $T_{\text{эф.обор.}}$ – проектируемое число дней работы оборудования в год;

$T_{\text{эф.раб.}}$ – проектируемое число дней работы в год одного рабочего.

$$N_{\text{сп}} = 27 \cdot \frac{337}{234} = 39 \text{ чел.}$$

$$\frac{T_{\text{эф.обор.}}}{T_{\text{эф.раб.}}} = K$$

$$K = 1,44.$$

Приведем состав рабочего персонала ниже в таблице 12.

Таблица 12 – Численность основных рабочих

Наименование профессии	Тариф разряд	Число рабочих в смену	$N_{\text{яв}}$ в сутки	$N_{\text{сп}}$ в сутки	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней оборуд.	Число смен в сутки
Аппаратчик	5	3	12	15	234	338	3
Аппаратчик	4	6	21	24			

б) Расчет численности дежурного персонала

С учетом специфики данного цеха и приборного оформления комплектуем цех дежурным обслуживающим персоналом в составе:

- Дежурный слесарь (тар. Разряд 5) – 1
- Дежурный электрик (тар. Разряд 5) – 1
- Дежурный КИПиА (тар. Разряд 5) – 1

Списочное число рабочих дежурного персонала:

$$R_{\text{яв}} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ чел/сут};$$

$$R_{\text{сп}} = R_{\text{яв}} \cdot K = 9 \cdot 1,44 = 13 \text{ чел.}$$

Сведем число дежурного персонала в таблицу 13.

Таблица 13 – Численность дежурного персонала

Профессия	Разряд	Число рабочих в смену	Число смен в сутки	$N_{\text{яв}}$, в сутки	$N_{\text{сп}}$, в сутки	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней оборуд.
Деж. Слесарь	5	1	3	3	4	234	337
Деж. Электрик	5	1	3	3	4	234	337
Деж. КИПиА	5	1	3	3	5	234	337

в) Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Расчет производится в связи с потребностью цеха в каждой группе работников.

Сведем данные о численности в таблицу 14.

Таблица 14 – Численность ИТР, служащих и МОП

№	Наименование должности	Категория	Количество работников
1	Начальник цеха	ИТР	1
2	Технолог цеха	ИТР	1
3	Мастер смены	ИТР	4
5	Табельщик	Служащий	1
6	Уборщица	МОП	4
Итого:			11

8.1.3 Расчет годового фонда заработной платы

8.1.3.1 Расчет фонда заработной платы основных рабочих

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

Основной фонд (ЗП):

$$Z_{\text{осн.}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{пр}} + D_{\text{н.вр.}} + D_{\text{праз.}} + D_{\text{вред.}}$$

где $Z_{\text{тар}}$ – тарифный фонд;

$D_{\text{пр}}$ – оплата премий;

$D_{\text{н.вр.}}$ – доплаты за ночные смены;

$D_{\text{праз.}}$ – доплата за работу в праздники;

$D_{\text{вред.}}$ – доплаты за вредность;

а) Тарифный фонд:

$$Z_{\text{тар}} = Z_{\text{тар}}^6 + Z_{\text{тар}}^5$$

где $Z_{\text{тар}}^6$, $Z_{\text{тар}}^5$ – ЗП по тарифным ставкам рабочих различной квалификации.

$$Z_{\text{тар}}^i = N_{\text{сп}}^i \cdot T_{\text{эф}} \cdot T_{\text{ст}}^i$$

где $N_{\text{сп}}$ – списочное число рабочих;

$T_{\text{эф}}$ – эффективное время работы одного среднесписочного рабочего;

$T_{\text{ст}}$ – тарифная часовая ставка.

Часовая тарифная ставка составляет для аппаратчиков:

6^{го} разряда – 900 руб/час;

5^{го} разряда – 80 руб/час;

$$Z_{\text{тар}}^6 = 15 \cdot 1872 \cdot 90 = 1968600 \text{ руб/год.}$$

$$Z_{\text{тар}}^5 = 24 \cdot 1872 \cdot 80 = 2697680 \text{ руб/год.}$$

$$Z_{\text{тар}} = 1968600 + 2697680 = 4666280 \text{ руб/год.}$$

б) Доплата за работу в ночное время осуществляется отчислением 40% от $Z_{\text{тар}}$:

$$D_{\text{н.вр.}} = D_{\text{н.вр.}}^5 + D_{\text{н.вр.}}^6,$$

$$D_{\text{н.вр.}} = N_{\text{сп}}^i \cdot n_{\text{н.в.}} \cdot T_{\text{ст}}^i \cdot t_{\text{см}} \cdot \Pi,$$

где Π – процент отчисления;

$n_{\text{н.в.}}$ – количество ночных смен в году;

$t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, час.

$$D_{\text{н.вр.}}^6 = 15 \cdot 81 \cdot 90 \cdot 8 \cdot 0,4 = 275160 \text{ руб/год.}$$

$$D_{\text{н.вр.}}^5 = 24 \cdot 81 \cdot 80 \cdot 8 \cdot 0,4 = 376248 \text{ руб/год.}$$

$$D_{\text{н.вр.}} = 275160 + 376248 = 651408 \text{ руб/год.}$$

в) Доплата премий – 35% от $Z_{\text{тар}}$:

$$D_{\text{пр}}^6 = Z_{\text{тар}} \cdot \Pi = 1968600 \cdot 0,35 = 689960 \text{ руб/год.}$$

$$D_{\text{пр}}^5 = 2795680 \cdot 0,35 = 943488 \text{ руб/год.}$$

$$D_{\text{пр}} = 687960 + 943498 = 1635448 \text{ руб/год.}$$

в) Доплата за работу в праздничные дни.

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

$$D_{\text{праз}} = D_{\text{пр}}^5 + D_{\text{пр}}^6,$$

$$D_{\text{праз}}^i = N_{\text{яв}}^i \cdot N \cdot T_{\text{ст}}^i \cdot t_{\text{см}},$$

где N – число праздничных дней в году;

$N_{\text{яв}}$ – явочное число рабочих.

$$D_{\text{праз}}^5 = 2 \cdot 21 \cdot 60 \cdot 96 = 241920 \text{ руб/год.}$$

$$D_{\text{праз}}^6 = 2 \cdot 12 \cdot 70 \cdot 96 = 161280 \text{ руб/год.}$$

$$D_{\text{праз}} = 241920 + 161280 = 403200 \text{ руб/год.}$$

г) Доплата за вредность – 20% от $Z_{\text{тар}}$:

$$D_{\text{вред}} = 4661280 \cdot 0,2 = 932256 \text{ руб/год.}$$

д) Доплата за бригадирство 10% от $Z_{\text{тар}}^6$ (осуществляется аппаратчиком 6^{го} разряда):

$$D_{\text{бр}} = Z_{\text{тар}}^6 \cdot \frac{\Pi}{100} = 1965600 \cdot \frac{10}{100} = 196560 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 4661280 + 403200 + 645408 + 1631448 + 932256 = 8273592 \text{ руб/год.}$$

Определим дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot \frac{П_{\text{д.з.}}}{100\%} = 8273592 \cdot \frac{12}{100} = 992831 \text{ руб/год.}$$

Годовой фонд ЗП основных рабочих:

$$Z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 8273592 + 992831 = 9266423 \text{ руб/год.}$$

С учетом районного коэффициента (для Усть-Каменогорской области 1,25):

$$Z^1 = 9266423 \cdot 1,25 = 11583028 \text{ руб.}$$

Результаты расчета сводятся в табл. 17.

Таблица 15 – Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих

Категория рабочих	Основные			
Система оплаты труда	Повременная, сдельная, повременно-премиальная и др.			
Условия труда	Приемлемые			
Разряд			пятый	шестой
Тарифная ставка	$T_{\text{ст}}$	руб/час	60	70
Численность списочных рабочих	$N_{\text{сп}}$	чел.	24	25
Фонд рабочего времени	$T_{\text{эф}}$	час	1872	
Тарифный фонд	$Z_{\text{тар}}$	руб/год	2695680	1965600
Доплата за ночное время	$D_{\text{н.вр}}$	руб/год	373248	272160
Доплата за праздничные дни	$D_{\text{праз}}$	руб/год	241920	161280
Доплата за вредность	$D_{\text{вред.}}$	руб/год	539136	393120
Доплата премий	$D_{\text{пр}}$	руб/год	943488	687960
Доплата за бригадирство	$D_{\text{бр}}$	руб/год		196560
Основной фонд заработной платы	$Z_{\text{осн.}}$	руб/год	4793472	3480120
Итого:	$Z_{\text{осн.}}$	руб/год	8273592	
Дополнительный фонд заработной платы	$Z_{\text{доп}}$	руб/год	992831	
Годовой фонд заработной платы	Z	руб/год	11583028	

8.1.3.4 Расчет годового фонда заработной платы ИТР, служащих и прочего персонала

Основная заработная плата ИТР, служащих и пр. персонала

рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн.}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{праз.}} + D_{\text{вред.}} + D_{\text{н.вр.}},$$

Дополнительная оплата ИТР, служащих и пр. персонала (принимается в размене 10-12%).

Тарифный фонд оплаты ИТР, служащих и пр. персонала рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{тар}}^i = P_{\text{мес.}} \cdot T_{\text{окл.}},$$

где $P_{\text{мес}}$ – число месяцев, отработанных в год каждым рабочим;

$T_{\text{окл}}$ – штатный месячный оклад, руб.

Число месяцев в году для ИТР принимаем равным – 11 месяцам, для служащих и пр. персонала это число составит – 11,3 месяца.

а) Тарифный фонд:

$$Z_{\text{тар}}^{\text{н.цеха}} = 11 \cdot 50000 = 550000 \text{ руб/год.}$$

$$Z_{\text{тар}}^{\text{КИПиА}} = 11,3 \cdot 16800 = 189840 \text{ руб/год.}$$

Таблица 16 – Состав инженерно-технического персонала и служащих

Наименование должности	Оклад, руб.
Начальник цеха	50000
Технолог	45000
Мастер смены	35000
Табельщик	11000
Уборщица	10000
Деж. Слесарь	16800
Деж. Электрик	16800
Деж. КИПиА	16800

б) Доплата за работу в праздничные дни:

$$D_{\text{праз}}^i = N_{\text{яв}}^i \cdot N \cdot (T_{\text{окл.}}/26,5),$$

где $T_{\text{окл}}$ – месячный оклад;

N – количество праздничных дней в году;

26,5 – среднемесячное число рабочих;

$$D_{\text{праз.}}^{\text{н.цеха}} = 1 \cdot 12 \cdot (50000/26,5) = 22641,5 \text{ руб/год.}$$

$$D_{\text{праз.}}^{\text{КИПиА}} = 3 \cdot 12 \cdot (16800/26,5) = 22822 \text{ руб/год.}$$

в) Доплата за вредность – 20% от $Z_{\text{тар}}$:

$$D_{\text{вред.}}^{\text{н.цеха}} = 550000 \cdot 0,2 = 110000 \text{ руб/год.}$$

$$D_{\text{вред.}}^{\text{КИПиА}} = 189840 \cdot 0,2 = 37968 \text{ руб/год.}$$

г) Доплата за работу в ночное время осуществляется отчислением 40% от $Z_{\text{тар}}$ и начисляется: Уборщице, Деж. Электрику, Деж. Слесарю, Деж. КИПиА и Мастеру смены.

$$D_{\text{н.вр.}}^{\text{КИПиА}} = 5 \cdot 81 \cdot 70 \cdot 8 \cdot 0,4 = 90720 \text{ руб/год.}$$

Определим основную заработную плату начальника цеха:

$$Z_{\text{осн.}}^{\text{н.цеха}} = 550000 + 22641,5 + 110000 = 682641,5 \text{ руб/год.}$$

Определим основную заработную плату начальника цеха:

$$Z_{\text{осн.}}^{\text{КИПиА}} = 189840 + 22822 + 37968 + 90720 = 341350 \text{ руб/год.}$$

Определим дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{доп.}}^{\text{н.цеха}} = Z_{\text{осн.}}^{\text{н.цеха}} \cdot \frac{P_{\text{д.з.}}}{100\%} = 682641,5 \cdot \frac{12}{100} = 81917 \text{ руб/год.}$$

$$Z_{\text{доп.}}^{\text{КИПиА}} = Z_{\text{осн.}}^{\text{КИПиА}} \cdot \frac{P_{\text{д.з.}}}{100\%} = 341350 \cdot \frac{12}{100} = 40962 \text{ руб/год.}$$

Годовой фонд ЗП начальника цеха:

$$Z = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}} = 682641,5 + 81917 = 764558,5 \text{ руб/год.}$$

Годовой фонд ЗП КИПиА:

$$Z = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}} = 341350 + 40962 = 382312 \text{ руб/год.}$$

С учетом районного коэффициента (для Новосибирской области 1,25):

$$Z^1 = 3687684 \cdot 1,25 = 4606059 \text{ руб.}$$

Общий фон заработной платы:

$$\Phi_{\text{общ}} = Z_{\text{осн. раб}} + Z_{\text{ИТР и МОП, вст. раб}} = 11583028 + 4606059 = 16192633 \text{ руб.}$$

Результаты расчета сводятся в табл. 19.

Таблица 17 – Результаты расчетов заработной платы ИТР, служащих и пр. персонала

Наименование должности	Категория	Число шт. ед.	T _{окл}	Z _{тар}	D _{праз}	D _{вред.}	D _{н.вр.}	Z _{осн}	Z _{доп}	Z
			руб./мес.	руб/год.	руб/год.	руб/год.	руб/год.	руб/год.	руб/год.	руб/год.
Начальник цеха	ИТР	1	60000	560000	22741,5	111000		682641,5	81917	765558,5
Технолог цеха		1	47000	485000	20477,3	98000		614377,3	73725,3	689102,6
Мастер смены		4	37000	375000	47447,2	78000	152373	660920,2	79310,4	741230,6
Табельщик	Служащие	1	15000	134300	4971,1	25860		154141,1	18497	173638,1
Уборщица	МОП	4	12000	103000	13285	23600	43445,6	192730,6	23127,6	216858,2
Деж. Электрик	Вспом. рабоч.	4	17800	199840	22832,6	38968	71576	323206,6	38785	362991,6
Деж. Слесарь		4	17800	179840	22812,6	36968	73576	323206,6	38785	362991,6
Деж. КИПиА		5	17800	199840	22812,6	39968	91720	341350,6	40962,1	383312,7
Итого:		24	231400	2246820	178600	448364	431790,6	3292575	395109	3688684

8.2.1 Расчет капитальных затрат на строительство

Величина капитальных затрат на здание цеха и его сооружение определяется по укрупненным параметрам. Такими параметрами являются: стоимость 1 м³ здания согласно действующим поясным ценам на строительство и стройматериалы с учетом характера здания, его размеры и назначение.

Выбираем под цех помещение: длина которого составляет 72 м, ширина – 36 м, высота – 10 м. Производственная площадь – 2592 м²; полный объем помещения – 38880 м³; стоимость 1 м² – 20000 руб; стоимость здания – 61840000 руб.

Таблица 18 – Затраты на санитарно - технические работы

Затраты	% от затраты на постройку здания	Цена, руб.
На отопление	5	2600000
На вентиляцию	5	2800000
На водопровод	3	1602000
На канализацию	3	1602000
На освещение	2	1056800
Итого:	18	9500800

Полная стоимость здания составит:

$$C_{зд} = 61840000 + 9500800 = 71860000 \text{ руб.}$$

8.2.2 Расчет стоимости оборудования

Таблица 19 – Стоимость основного оборудования

Наименование	Кол-во	Марка	Цена за шт., тыс. руб.	Цена, млн.руб.
Барабанная печь	1	–	3450	3,45
Контейнер	3		240	0,72
Агитатор	1		1075	1,075
Индукционная печь	3		5000	15
Источник тока	2	ТВ1-1600/12Т-0	86,7	0,17
Печь вакуумной переплавки	1		7000	7
Шаровая мельница	1	151М3	2430	2,43
Итого:			3273,7	30

Таблица 20 – Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование нормативов	% от стоимости оборудования	Сумма, млн. руб.
Транспортные расходы	8	24,4
Монтажные расходы	20	60
Специальные работы	10	30
Итого:	38	114,4

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:

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

$$Z_{\text{тр}} = 30000000 \cdot 0,08 = 2400000 \text{ руб.}$$

- стоимость монтажных работ составляет 20% от стоимости оборудования:

$$Z_{\text{монт.}} = 30000000 \cdot 0,2 = 6000000 \text{ руб.}$$

- стоимость специальных работ принимаем 10% от стоимости оборудования (строительство фундаментов, трубопроводов, пусконаладочных работ):

$$Z_{\text{сп. р.}} = 30000000 \cdot 0,1 = 3000000 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты на оборудование составят:

$$Z_{к.об.} = C_{об} + Z_{тр.} + Z_{монт.} + Z_{сп.р.} = 30 + 114,4 = 14,4 \text{ млн. руб.}$$

Сумма капитальных затрат:

$$\Sigma Z_{кап} = C_{зд} + Z_{к. об.} = 61,16 + 14,4 = 81,2 \text{ млн. руб.}$$

Таблица 21 – Полные капитальные затраты

Наименование глав сметы	Капитальные затраты	
	Млн.Руб.	%
Здание	51,84	63
Оборудование	30	37
Итого:	81,84	100

8.2.3 Расчет затрат на производство

Затраты на ремонт здания составляют 2% от стоимости здания:

$$Z_{р.} = 28527040 \cdot 0,02 = 570540,8 \text{ руб/год.}$$

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

$$Z_{сод.} = 28527040 \cdot 0,02 = 570540,8 \text{ руб/год.}$$

Амортизационные отчисления:

$$Z_{ам.} = 28527040 \cdot 0,037 = 1328500,5 \text{ руб/год.}$$

Сумма затрат на содержание и эксплуатацию здания составляет:

$$\Sigma Z_{зд} = 570540,8 + 570540,8 + 1328500,5 = 2399582,1 \text{ руб.}$$

Ремонт производственного оборудования обходится в 15% от стоимости оборудования:

$$Z_{р.} = 5027400 \cdot 0,15 = 749110 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание оборудования составляют 5% от стоимости оборудования:

$$Z_{сод.} = 5027400 \cdot 0,05 = 256370 \text{ руб.}$$

Отчисления на амортизацию оборудования – 10% от стоимости

оборудования:

$$Z_{ам} = 5027400 \cdot 0,1 = 502740 \text{ руб.}$$

Сумма расходов на содержание и эксплуатацию оборудования составляет:

$$\Sigma Z_{об} = 749110 + 256370 + 492740 = 1508220 \text{ руб.}$$

Таким образом, общепроизводственные расходы составят:

$$Z_{общ.} = 2119582,1 + 1478220 = 3567802,1 \text{ руб.}$$

8.3 Расчет технологических затрат

8.3.1 Расчет затрат на электроэнергию

$$Z_{эн.} = T_э \cdot N_T \cdot T_{р.об.},$$

где $T_э$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб. (2,51 руб.);

N_T – суммарная мощность электродвигателей, кВт (120 кВт);

$T_{р. об.}$ – время работы оборудования в год, час (7920 час).

$$Z_{эн.} = 2,51 \cdot 120 \cdot 7920 = 2239504 \text{ руб/год.}$$

8.3.2 Расчет затрат на воду

$$Z_{вод.} = T_в \cdot T_{р.об.} \cdot В,$$

где $T_в$ – стоимость 1 м³ воды, руб. (10 руб/м³);

$В$ – часовой расход воды, м³ (6 м³).

$$Z_{вод.} = 10 \cdot 7920 \cdot 6 = 475200 \text{ руб/год.}$$

8.3.3 Расчет затрат на фторида бериллия BeF₂

$$Z_{с.к.} = T_к \cdot T_{р.об.} \cdot К,$$

где $T_к$ – стоимость 1 кг, фторида бериллия BeF₂, руб. (12000 руб);

$К$ – часовой расход фторида бериллия BeF₂, кг (12 кг/ч).

$$Z_{с.к.} = 12000 \cdot 8090 \cdot 12 = 116496000 \text{ руб/год.}$$

8.3.4 Затраты на освещение

$$W_{\text{осв.}} = \frac{15 \cdot S_{\text{п}} \cdot M \cdot m}{1000},$$

где 15 – количество Ватт на 1 м² пола;

$S_{\text{п}}$ – площадь пола, м² (2592 м²);

M – количество часов искусственного освещения в сутки (24 ч.);

m – число дней работы производства в году, (234 дня).

$$W_{\text{с.к.}} = (15 \cdot 2692 \cdot 24 \cdot 234 \cdot 2,51) / 1000 = 569058,5 \text{ руб/год.}$$

8.3.5 Затраты на вентиляцию

$$W_{\text{вент.}} = P_{\text{э.д.}} \cdot 24 \cdot m,$$

где $P_{\text{э.д.}}$ – мощность электродвигателя, кВт;

24 – количество часов в сутки.

$$W_{\text{вент.}} = 4 \cdot 15 \cdot 8090 \cdot 2,51 = 1248354 \text{ руб/год.}$$

8.3.6 Затраты на отопление

$$P_{\text{отоп.}} = \frac{\alpha \cdot V \cdot T}{1000},$$

где α – количество тепла на 1 м³ помещения, кВт (4,4 кВт);

T – продолжительность отопительного сезона, ч (6480 ч).;

$V_{\text{зд}}$ – объем отапливаемого помещения, м³ (38880 м³).

$$W_{\text{отоп.}} = (4,4 \cdot 38880 \cdot 648 \cdot 2,51) / 1000 = 298245,2 \text{ руб/год.}$$

8.3.7 Затраты на ОТ и ТБ

Расходы на охрану труда и технику безопасности составляют 12% от

$$З: З_{\text{от. тб.}} = 16192633 \cdot 0,12 = 1953116 \text{ руб/год.}$$

8.3.8 Отчисления на социальные нужды

Отчисления от заработной платы составляют 30% от З:

$$Z_{\text{соц.}} = 16192633 \cdot 0,3 = 4857790 \text{ руб./год.}$$

8.4 Калькуляция себестоимости

Калькуляция себестоимости приведена в таблице 22.

Таблица 22 – Проектная калькуляция себестоимости передела

Статьи расходов	Ед. измерения	Цена, руб.	Расход на 1 т, руб.	Сумма, руб./год
Затраты на сырье: Mg + BeF ₂	кг	18000	16341	116496000
Технологические затраты: Электроэнергия H ₂ O	кВт·ч м ³	2,51 10	7831 539	2349246,2 161800
Итого условно-переменные затраты	руб.		24712	119007046
Фонд ЗП: – основных рабочих	руб.		38610	11583028
– ИТР, служащих, пр. персонала и вспомогательных рабочих	руб.		15353,5	4606059
Отчисления из ФЗП на соц. нужды	руб.		16192	4857790
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования: – амортизация оборудования;	руб.		1642	492740
– ремонт оборудования;	руб.		2463	739110
– содержание оборудования;	руб.		821	246370

Цеховые расходы:				
– расходы на содержание здания;	руб.		1835	550541
– амортизация здания;	руб.		3395	1018501
– ремонт здания;	руб.		1835	550540,8
–расходы на ОТ и ТБ	руб.		6447	1943116
Общезаводские расходы	руб.		22668	6800276
Итого условно-постоянные затраты	руб.		11294	33388072
Полная производственная себестоимость передела	руб.		136006	519610018

Себестоимость передела единицы продукции составляет 22400 рублей за кг.

Сейчас на рынке по нижней планке стоимость килограмма металлического бериллия составляет 36000 рублей, при учете производительности 30 тонн/год срок окупаемости составит: 5 лет.

Внедрение данной технологии приведет к следующим изменениям:

- 1) Уменьшению себестоимости производимого продукта;
- 2) Сокращению основных рабочих, а следовательно экономия оплаты труда;
- 3) Более дешёвое оборудование, а следовательно экономия электроэнергии.