

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт металлургии и промышленной инженерии имени О.А. Байконурова
Кафедра «Металлургические процессы, теплотехника и технология
специальных материалов»

УДК 669.295(043)

на правах рукописи


Мендыбаев Ержан Албыспаевич

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание степени магистра техники и технологии


Название диссертации «Влияние примесей железа и титана на выход
магния по току»

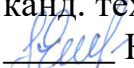
Направление подготовки 6М070900 – Металлургия


Научный руководитель
ассоц. профессор,
канд. техн.наук, доцент
 Гусейнова Г.Д.
«15» декабря 2020 г.

от АО «УКТМК»
начальник цеха №1
 Лошкарев С.А.

Рецензент
Зав. лаб. пирометаллургии
тяжелых цветных металлов
АО «ИМиО», д.т.н.


Квятковский С.А.
«15» декабря 2020 г.

Нормоконтроль
канд. техн. наук
 Коңыратбекова С.С.
«20» декабря 2020 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой МПТиТСМ
доктор PhD, д.т.н., ассоц. профессор
 Чепуштанова Т.А.
«20» декабря 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Satbayev university

Институт металлургии и промышленной инженерии имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургические процессы, теплотехника и технология
специальных материалов»

6M070900 – Металлургия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой МПТиТСМ
доктор PhD, к.т.н.,
ассоциированный профессор

 Чепуштанова Т.А.

«28» февраля 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Введите текст

Магистранту Мендыбаеву Ержану Албыспаевичу

Тема: Влияние примесей Fe и Ti на выход магния по току.

Утверждена приказом ректора университета от «28» 02. 2019г. № 1784–М

Срок сдачи законченной диссертации: «21» декабря 2020 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: обширный обзор литературы по теме диссертации.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) современное состояние рассматриваемой проблемы, аналитический обзор литературы;

б) экспериментальная часть: технология производство магния-сырца и магния-восстановителя.





Перечень графического материала, (темы презентационных слайдов): демонстрационный материал с результатами исследований представлен на 15 слайдах.

Рекомендуемая основная литература:

Бачурский, Д.В. Экспериментальное изучение влияния влажности воздуха на осаждение частиц оксида магния и соосаждение соединений титана в расплавленном хлориде магния / Д.В. Бачурский, Н.П. Криворучко, И.Ф. Червонный // Металлургия. Збірник науковипраць / Відп. редактори Колесник М.Ф., Колобов Г.О. Запоріжжя: ЗДІА, 2008. - Вип. №17. – С. 52-59.






Е.А. Мендыбаев, Г.Д. Гусейнова. Характеристика опасных, вредных веществ и защита от них на производстве магний-сырца/ Статья, XXIX международной научно-практической конференция, Москва 2019 г.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение	29.11.2019	
Аналитический обзор литературы	20.06.2019	
Экспериментальная часть	27.11.2020	
Заключение	02.12.2020	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Введение	Ассоциированный профессор, канд.техн.наук, доцент Г.Д. Гусейнова, от АО «УКТМК» начальник цеха №1 С.А. Лошкарев	29.11.2020 г.	
Аналитический обзор литературы		20.06.2020 г.	
Экспериментальная часть		27.11.2020 г.	
Заключение		02.12.2020	 
Нормоконтролер	С.С. Қоңыратбекова, канд. техн. наук.	20.12.2020 г.	

Научный руководитель  Гусейнова Г.Д.

Руководитель от АО УК ТМК  Лошкарев С.А.

Задание принял к исполнению обучающийся  Мендыбаев Е.А.

Дата

«28» февраля 2019 г.

АНДАТПА

Берілген диссертациялық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, қорытындыдан, әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертациялық жұмыс 86 беттен тұрады, 10 сурет пен 14 кестені қосады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты магнийдің шығуына темір мен титан қоспаларының ісерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу нысаны: «ӨТМК» АҚ өндірісіндегі шикізат

Диссертациялық жұмыста темір мен титан қоспаларының магнийдің ағымдық тиімділігіне әсерін процесстер бойынша зерттеу нәтижелері, сонымен қатар дайын өнімдегі қоспаларды анықтау әдісі келтірілген. Электролиз шламы қоспасын талдау негізінде электролиз параметрлерінің магний хлориді құрамындағы қоспалардың әсері және сондай-ақ нарықтағы өнімнің бісекеге қабілеттілігінің сапасын анықтайтын өнім талдауларының халықаралық стандарттарға сәйкестігі схема түрінде көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа состоит из задания, введения, аналитического обзора литературы, экспериментальной части, заключения, списка литературы. Диссертационная работа изложена на 86 страницах, содержит 10 рисунков и 14 таблиц.

Целью диссертационной работы является изучение влияния примесей железа и титана на выход магния по току.

Объект исследования: поступающее сырье, технологические продукты производств АО «УКТМК» цех № 1 и цех № 3.

В работе приведены результаты исследований влияния примесей железа и титана на выход магния по току по процессам восстановления магний-сырца и электролиза магния, представлена методика определения примесей в готовой продукции. На основе анализов шламоэлектролизной смеси схематически показана зависимость параметров электролиза от содержащихся примесей в хлориде магния, соответствие стандартам и ГОСТам продукции, что определяет качество и конкурентоспособность продукции на мировом рынке.

ANNOTATION

This dissertation work consists of assignment, introduction, analytical review of literature, experimental part, conclusion, list of literature. The dissertation is presented on 86 pages, contains 10 figures and 14 tables.

The aim of the thesis is to study the effect of iron and titanium impurities on the current output of magnesium.

Object of research: incoming raw materials at the production of JSC «UTMK»

The paper presents the results of a study of the effect of iron and titanium impurities on the current efficiency of magnesium by processes and also a method for determining impurities in finished products. Based on the analyzes of the electrolysis slime mixture, the dependence of the electrolysis parameters on the impurities contained in magnesium chloride is schematically shown, as well as compliance with the standards and GOSTs of product analyzes, which determines the quality of the competitiveness of products on the market.

СОДЕРЖАНИЕ

	Нормативные ссылки	9
	Обозначения и сокращения	10
	Введение	11
1	Аналитический обзор литературы	13
1.1	Магний и его сплавы. Свойства магния	13
1.2	Влияние примесей на свойства магния	15
1.2.1	Исследование рафинирования электролитов магниевых электролизеров от примесей титана	21
1.3	Применение магния	22
2	Экспериментальная часть	25
2.1	Производство магния-сырца	25
2.1.1	Нормативные ссылки	25
2.1.2	Требования, предъявляемые к сырью и вспомогательным материалам	25
2.1.3	Технологические схемы производства магний-сырца	28
2.1.4	Физико-химические основы процесса	31
2.1.5	Описание технологии производства магния-сырца	31
2.1.6	Описание режимов работы оборудования	35
2.1.7	Требование безопасности, характеристика опасных, вредных веществ и меры защиты	41
2.1.8	Требования к характеристикам готовой продукции	44
2.1.8.1	Магний-сырец	44
2.1.8.2	Хлор-газ	44
2.1.9	Метрологическое обеспечение производственного процесса и качества	45
2.1.10	Контроль и приемка готовой продукции	46
2.1.11	Приемка готовой продукции	47
2.1.12	Упаковка, маркировка, хранение и поставка продукции	48
2.2	Производство магния-восстановителя	53
2.2.1	Нормативные ссылки	53
2.2.2	Требования к характеристикам сырья, основных и вспомогательных материалов	53
2.2.3	Принципиальная аппаратурно-технологическая схема	55
2.2.4	Примеси в магнии-сырце	56
2.2.4.1	Рафинирование магния-сырца в кольцевой печи непрерывного рафинирования (ПНР)	57
2.2.4.2	Технологический процесс рафинирования магния в печи ПНР	57
2.2.5	Режимные параметры технологического процесса	59

2.2.6	Приемка сырья и сдача готовой продукции	59
2.2.7	Требование безопасности, характеристика опасных, вредных веществ и меры защиты	60
2.2.8	Требования к характеристикам готовой продукции	62
2.2.9	Метрологическое обеспечение производственного процесса и качества	62
2.2.9.1	Методы и средства контроля	62
2.2.9.2	Метрологические характеристики средств измерений	63
2.2.9.3	Система сигнализации	65
2.2.9.4	Технологический контроль	65
2.2.9.5	Нормативы хранения технической документации	66
2.2.9.6	Схема технологического контроля газов и санитарных анализов	66
2.2.10	Контроль продуктов производства	66
2.2.10.1	Отбор проб рабочего электролита с ПНР	67
2.2.10.2	Отбор проб шлама с ПНР	67
2.2.11	Методика выполнения измерений «Магний хлористый. Метод определения титана и железа»	68
2.2.11.1	Приписанные характеристики погрешности измерений	68
2.2.11.2	Метод измерений и его средства	69
2.2.12	Приемка готовой продукции	72
2.2.13	Упаковка, маркировка, хранение и поставка продукции	73
	Заключение	74
	Список использованных источников	76
	Приложения	79

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной диссертации принимались следующие нормативные ссылки:

1. Совместный обзор Русмет и Инфолайн «Черная и цветная металлургия Республики Казахстан», подготовленного к 1-й Казахстанской металлургической конференции 2-3 апреля 2008г;
2. ГОСТ 851.8-93 Магний первичный.
3. ГОСТ 1770-74 (ИСО 1042-83, ИСО 4788-80). Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия.
4. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений.
5. ГОСТ 14180 – Отбор и подготовку проб концентратов медных к анализу.
6. РМГ 43-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».
7. МВИ 008-15 Методика выполнения измерений «Магний хлористый. Метод определения титана и железа».
8. Порядок подготовки проб.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АЭС-ИСП – атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой

ГОСТ – Государственный общесоюзный стандарт технологии

СТ РК – Стандарты Республики Казахстан

АО – Акционерное общество

УКТМК – Усть-Каменогорский титано-магниевого комбинат

МВИ – методика выполнения измерений

СТО – сантехнический отсос

СВО – система водяного охлаждения

ПВР – порядок выполнения работы

ИВР – инструкция по выполнению работы

ПНР – печь непрерывного рафинирования

РЖК – ретортно-жидкостный компрессор

ШЭС – шламо-электролитная смесь

ОТК – отдел технического контроля

СМТ-1 – печь спиральная магниевая тигельная

ВВЕДЕНИЕ

Оценка современного состояния решаемой научно–технологической проблемы. Восточный Казахстан - является мощным промышленным регионом независимого Казахстана, одной из «точек опоры» инновационной экономики. Еще в древности здесь, как выясняется, был центр металлургии: в ходе археологических экспедиций в Берель и Чиликты, на Кызылтас и Шульбу специалисты находят многочисленные изделия из бронзы, золота, меди, железа. Сегодня Восточный Казахстан – опора цветной металлургии страны. За прошлый год объем промышленного производства в Восточном Казахстане вырос на 25 процентов. Область является единственным в Республике поставщиком титана, магния, тантала и других редкоземельных металлов, здесь расположены крупнейшие месторождения цинка. Здесь находятся ведущие предприятия цветной металлургии, а также производители топлива для атомных электростанций. Недра региона хранят более 50 месторождений драгоценных металлов [1–2].

Бурный промышленный рост во многом обусловлен внедрением на предприятиях области технологических циклов высокого передела. В результате растет промышленная отдача, рентабельность, появляются новые виды продукции. Всего в области около 60 компаний, которые в последнее время наиболее активно занимаются разработкой и внедрением инноваций. Основой цветной металлургии региона стали четыре промышленных гиганта, каждый из них является предметом особого разговора [3].

Усть-Каменогорский титано-магниевого комбинат (KASE: UTMK) — комбинат, вертикально интегрированный производитель титана от добычи сырья до выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью.

Основными видами товарной продукции комбината является: титан губчатый, магний первичный в слитках, титановые слитки и сплавы [4].

История комбината началась во второй половине минувшего столетия – время активного освоения воздушного и космического пространства. Колоссальные потребности авиакосмической промышленности обусловили создание и развитие производства «крылатого» металла. 55 лет назад АО «УКТМК» был создан в нужном месте и в нужное время. Передовые научно-технические идеи, высокопроизводительное оборудование, лучшие специалисты различных отраслей стали основой производства казахстанского титана и магния. Сегодня АО «УКТМК» имеет статус лидера мирового рынка титана. Это стало возможным благодаря постоянному развитию передовых технологий и самоотверженному труду сотрудников Комбината, что обеспечивает стабильно высокое качество выпускаемой продукции [5].

Актуальность работы: Повышение качества продукции является важной стратегической задачей металлургической отрасли. В настоящее время производимая в АО «УКТМК» продукция направляется на экспорт, поэтому особенно актуальным является повышение их

конкурентоспособности при достижении уровня международных стандартов. Решение этих задач невозможно без надежного аналитического контроля, от эффективности которого зависит работа металлургических предприятий. Качественный и экспрессный контроль предотвращает выпуск и использование продукции, не соответствующей нормативным требованиям, позволяет более эффективно использовать ресурсы, снизить затраты на производство и сократить время производственного цикла.

Цель работы: Изучение влияния примесей железа и титана на выход магния по току на производстве АО «УКТМК» и метрологическая аттестация методики определения основного контролируемого содержания спектрально-эмиссионными методами в диапазоне концентраций определяемых примесей.

Объект исследования: поступающее сырье, технологические продукты производств АО «УКТМК» цех № 1 и цех № 3.

Задачи поставленные в диссертационной работе:

– провести анализ на производстве АО «УКТМК» по цехам № 1 и № 3 влияния примесей Fe и Ti на выход магния по току;

– разработать методику выполнения измерений «Магний хлористый. Метод определения титана и железа»;

– приготовить стандартные образцы предприятия состава магния металлического и хлористого;

– определить показатели для стандартов образцов состава магния металлического и хлористого;

Практическая новизна: Соответствующая сертифицированная методика определения химического состава хлористого магния и шламоэлектролизной смеси, предусматривающая определенную пробоподготовку, которая повышает качество анализа и сокращает время его проведения.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке методики для определения массовых долей примесей в продукции производства.

Апробация работы: основные положения работы по теме диссертации изложены в статье «Характеристика опасных вредных веществ и защита от них на производстве магний-сырца», в сборнике статей по материалам XXIX международной научно-практической конференции. Технические науки: проблемы и решения. Москва, 2019. № 11(27).

1 Аналитический обзор литературы

1.1 Магний и его сплавы. Свойства магния

Магний относится ко 2 группе периодической системы Д.И. Менделеева. Атомная масса магния 24, 32. Характеристики основных физико-химических и механических свойств приведены ниже.

Таблица 1 – Характеристики физико-химических и механических свойств магния

Плотность ρ , (кг/м ³) · 10 ⁻³	1,74
Температура плавления $T_{пл}$, °С	651
Температура кипения $T_{кип}$, °С	1107
Скрытая теплота плавления, Дж/г	393
Удельная теплоемкость (при 20–100 °С), Дж/(г град)	1,03
Теплопроводность λ , Вт/(м · град)	157
Удельное электросопротивление ρ , (при 20 °С), Ом мм ² /м.	0,047
Коэффициент линейного расширения α , при 25 °С, (1/град) 10 ⁶	26
Временное сопротивление σ_B , МПа:	
в литом состоянии	118
в деформированном состоянии	196
Предел текучести, МПа:	
в литом состоянии	30
в деформированном состоянии	88
Твердость НВ:	
в литом состоянии	30,0
в деформированном состоянии	36,0
Относительное удлинение d , %:	
в литом состоянии	8,0
в деформированном состоянии	12,0
Модуль упругости E , МПа:	
в литом состоянии	42000–44000
в деформированном состоянии	41000–43000

Магний – химически активный металл и легко окисляется. Оксидная пленка MgO не обладает высокими защитными свойствами и с повышением температуры скорость окисления быстро возрастает. При нагреве на воздухе до 623 °С магний воспламеняется. Это затрудняет плавку и разливку магния и его сплавов. Магниевая пыль, мелкая стружка самовозгорается при еще более низкой температуре. Поэтому отливки перед загрузкой в печь для их термообработки необходимо очищать от магниевой пыли, стружки и заусенцев [6].

Магний первичный (ГОСТ 804–93) выпускают в чушках четырех марок: Mg80, Mg90, Mg95, Mg98 с содержанием магния (в %) 99,80; 99,90; 99,95; 99,98 соответственно. Магний марок Mg80, Mg90, Mg95 — общего назначения, Mg98 — специального применения.

Литой магний имеет крупнокристаллическую структуру и низкие механические свойства: $s_B = 110–120$ МПа, $s_{0,2} = 20–30$ МПа, $d = 6–8$ %, HB 30.

Низкая пластичность магния при нормальной температуре связана с особенностью решетки ГПУ, в которой скольжение происходит только по базисным плоскостям. Повышение температуры приводит к появлению новых плоскостей скольжения и двойникованию, как следствие, к увеличению пластичности. Поэтому обработку давлением магния и его сплавов проводят при температуре 320–430 °С в состоянии наибольшей пластичности.

Из-за низких механических свойств чистый магний как конструкционный материал не применяется. Он используется для производства магниевых сплавов, в пиротехнике, в химической промышленности, а также в металлургии в качестве раскислителя, восстановителя, модификатора и легирующего элемента.

Свойства магния значительно улучшаются при легировании. Основными легирующими элементами магниевых сплавов являются Al, Zn, Mn, Li. Для дополнительного легирования используют Zr, Cd, Ce, Nd и др. Механические свойства магниевых сплавов при температуре 20–25 °С улучшаются с помощью легирования алюминием, цинком и цирконием, при повышенной температуре — добавкой церия, неодима и, особенно, тория. Цирконий и церий оказывают модифицирующее действие на структуру сплавов магния. Особенно эффективен цирконий: добавка 0,5–0,7 % Zr уменьшает размер зерна в 80–100 раз. Кроме того, Zr и Mn значительно уменьшают вредное влияние примесей железа и никеля на свойства сплавов [7–10].

Увеличение растворимости легирующих элементов в магнии с повышением температуры позволяет подвергать сплавы упрочняющей термической обработке: закалке + искусственному старению. Однако термическая обработка магниевых сплавов усложняется из-за весьма медленных диффузионных процессов в магниевом твердом растворе. Малая скорость диффузии требует больших выдержек при нагреве под закалку (до

16–30 ч) для растворения вторичных фаз и обеспечивает закалку при охлаждении на воздухе.

Магниевые сплавы не склонны к естественному старению. При искусственном старении необходимы высокие температуры (до 200 °С) и большие выдержки (до 16–24 ч).

Магниевые сплавы обладают рядом преимуществ:

- высокой удельной прочностью и удельной жесткостью;
- способностью хорошо поглощать вибрацию;
- хорошей обрабатываемостью резанием;
- удовлетворительной свариваемостью и паяемостью.

1.2 Влияние примесей на свойства магния

Коррозионная стойкость магния сильно зависит от содержащихся в нем неметаллических и металлических примесей. Из неметаллических примесей пагубное действие оказывают хлористые соли. Находясь на поверхности магния, они подвергаются гидролизу за счет влаги воздуха. При этом образуется соляная кислота, которая энергично взаимодействует с магнием и разрушает его.

Из примесей металлов особенно вредное влияние оказывает железо.

Растворимость железа в магнии ничтожна, составляя при 500 °С в твердом металле 0,001 %. В жидком магнии растворимость выше и с температурой растет. Однако при 700–750 °С в магнии растворяется только 0,04–0,05 % Fe, даже такие малые количества железа вызывают усиленную коррозию металла.

Скорость коррозии магния становится значительной, если содержание железа в нем превышает 0,017 % [11].

Примесь никеля даже в незначительном количестве приводит к резкому снижению коррозионной стойкости магния. Примесь кремния в количестве до 0,3 % не влияет на коррозионную стойкость магния. При содержании 0,3 % Si и выше коррозионная стойкость магния падает. Медь значительно снижает коррозионную стойкость магния, особенно при содержании выше 0,15 %.

Коррозионная стойкость двойных сплавов магния с алюминием ухудшается по мере увеличения содержания алюминия.

Примеси натрия и калия снижают коррозионную стойкость магния.

Несколько десятых долей процента кальция повышают коррозионную стойкость магния и понижают окисляемость расплавленного металла. При наличии в магнии кремния, кальций присутствует в виде силицида кальция. Бериллий также повышает коррозионную стойкость магния и понижает его окисляемость. Заметно повышают коррозионную стойкость магния добавки марганца.

Например, листы из магниевых сплавов, содержащего 1,7 % Mn, показали очень высокую коррозионную стойкость независимо от изменения содержания железа в пределах 0,007—0,023 % [12].

Влияние той или иной примеси на коррозионную стойкость двойного сплава существенно изменится, если ввести в сплав третью добавку.

Например, добавка марганца также повышает коррозионную стойкость сплава Mg—Al. По-видимому, это связано с тем, что марганец легко образует соединение с железом, оседающее на дно тигля. Поэтому марганец вводят в большинство магниевых сплавов.

Неметаллические примеси понижают механические свойства магния и его сплавов. Особенно отрицательно влияют на механические свойства оксид магния в количестве выше 0,1 % и азот в количестве около 1 % и выше.

Примесь кремния в количестве примерно до 1 % повышает предел прочности магния. Относительное удлинение с добавкой кремния уменьшается.

Примесь меди повышает предел прочности и понижает относительное удлинение магния. Одновременное присутствие кремния и меди в сумме более 0,4—0,5 % ухудшает механические качества сплава. Примеси натрия или калия ухудшают пластичность магния. Бериллий укрупняет зерно, что отрицательно влияет на механические свойства сплава. В количестве более 0,002 % он, как и примесь кальция в количестве около 0,5 %, увеличивает склонность сплава к возникновению горячих трещин (ГТ). Примесь кальция способствует измельчению структуры и повышению механических свойств. Однако если кальция больше 0,3 %, то ухудшается способность к сварке.

Следует указать на влияние водорода на магний и его сплавы. При температуре плавления 100 грамм жидкого магния поглощают 26 см³ водорода.

При переходе металла из жидкого состояния в твердое растворимость водорода снижается и избыточное его количество образует газовую пористость [13].

Влияние состава и свойств электролита на выход по току.

Современный промышленный способ электролитического получения магния имеет два направления, связанных с составом применяемых для электролиза безводных солей. В некоторых случаях для электролиза применяют безводный карналлит, содержащий 40—50 % MgCl₂, 40—50 % KCl и 8—10 % NaCl.

В других случаях для электролиза применяют технический хлористый магний, содержащий 90—95 % MgCl₂ и некоторые количества KCl, NaCl и CaCl₂. Как безводный карналлит, так и хлористый магний содержат небольшое количество других примесей.

В последние годы для электролиза используется хлористый магний, получающийся при восстановлении тетрахлорида титана магнием. Содержание других хлоридов в нем не превышает нескольких десятых долей процента.

Разница в технологии при питании электролизеров карналлитовым расплавом или расплавом хлористого магния заключается в том, что в первом случае из электролизеров приходится систематически удалять большое количество отработанного электролита. В этих условиях невозможно корректировать состав электролита по основным компонентам.

При питании электролизеров хлористым магнием количество отработанного электролита незначительно или совершенно отсутствует. В этих условиях можно регулировать состав электролита, учитывая состав исходного сырья и условия электролиза.

Влияние концентрации $MgCl_2$. Заметное падение выхода по току обнаруживается при уменьшении концентрации $MgCl_2$ в электролите ниже 5-7 % (вес). В этом случае наряду с электролизом хлористого магния при определенных плотностях тока идет электролиз других хлоридов.

Работать на высоких концентрациях хлористого магния нецелесообразно, так как при этом ухудшаются свойства электролита.

Не рекомендуется повышать концентрацию $MgCl_2$ в электролите после загрузки карналлита или хлористого магния выше 15-18 %. Перед загрузкой следует иметь концентрацию $MgCl_2$ 5-7 %.

Влияние концентрации KCl , $NaCl$, $CaCl_2$ и $BaCl_2$. Когда электролизеры питаются безводным карналлитом, нет практической возможности регулировать содержание KCl , $NaCl$ и $CaCl_2$ в электролите.

Если же для питания электролизеров применяется безводный хлористый магний, содержание указанных компонентов можно регулировать в заданных пределах. При получении расплава хлористого магния хлорированием окиси магния состав электролита можно регулировать путем добавок в хлорируемую шихту $NaCl$ или KCl . Если для питания электролизеров применяется хлористый магний, получающийся обезвоживанием природных солей, или же хлористый магний, получающийся при восстановлении тетрахлорида титана магнием, содержание хлоридов калия, натрия, кальция регулируется загрузкой соответствующих количеств этих хлоридов в расплав хлористого магния до заливки его в электролизеры. Если применяется хлористый магний из титанового производства, в электролит можно вводить $BaCl_2$.

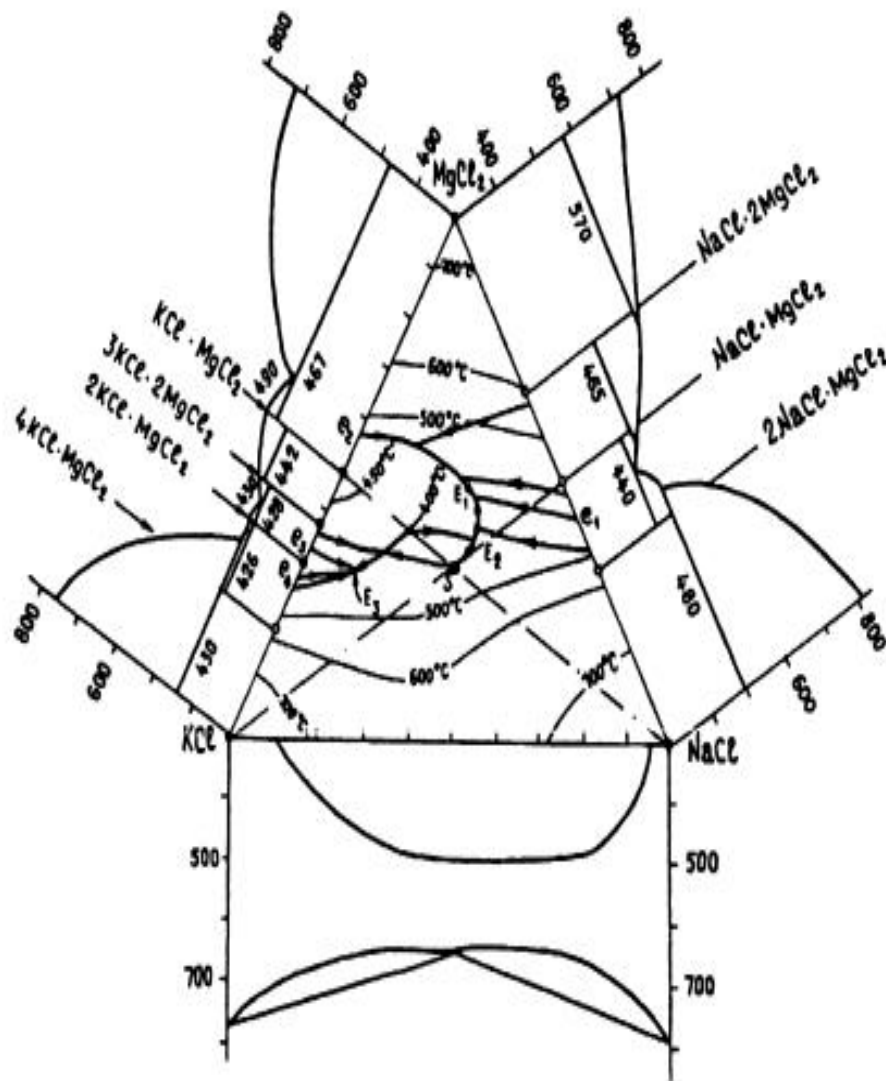


Рисунок 1 – Диаграмма плавкости системы $\text{MgCl}_2 - \text{NaCl} - \text{KCl}$

Наиболее близким к реальному технологическому процессу является разрез четверной диаграммы $\text{MgCl}_2 - \text{NaCl} - \text{KCl} - \text{CaCl}_2$ при постоянном содержании 10 % MgCl_2 . Исследование этой системы было проведено А.И. Ивановым (рис. 2). Установлено, что в присутствии хлорида кальция температура первичной кристаллизации расплавов $\text{MgCl}_2 - \text{NaCl} - \text{KCl}$ несколько повышается. При этом наиболее низкотемпературная эвтектическая точка соответствует 495 °С.

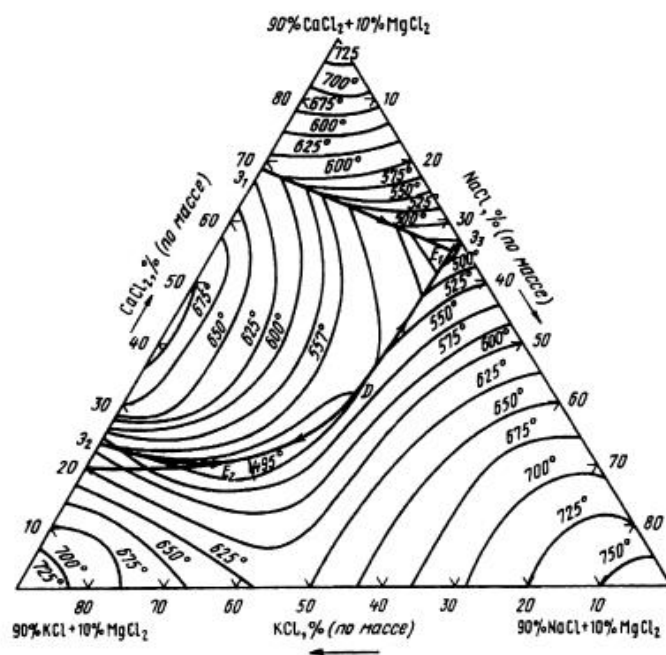


Рисунок 2 – Разрез диаграммы плавкости системы $MgCl - NaCl - KCl - CaCl$ (10 % $MgCl_2$)

Зависимость выхода по току от состава электролита иллюстрируется графиками, приведенными на рисунке 3. Эти данные показывают, что состав электролита заметно влияет на выход по току.

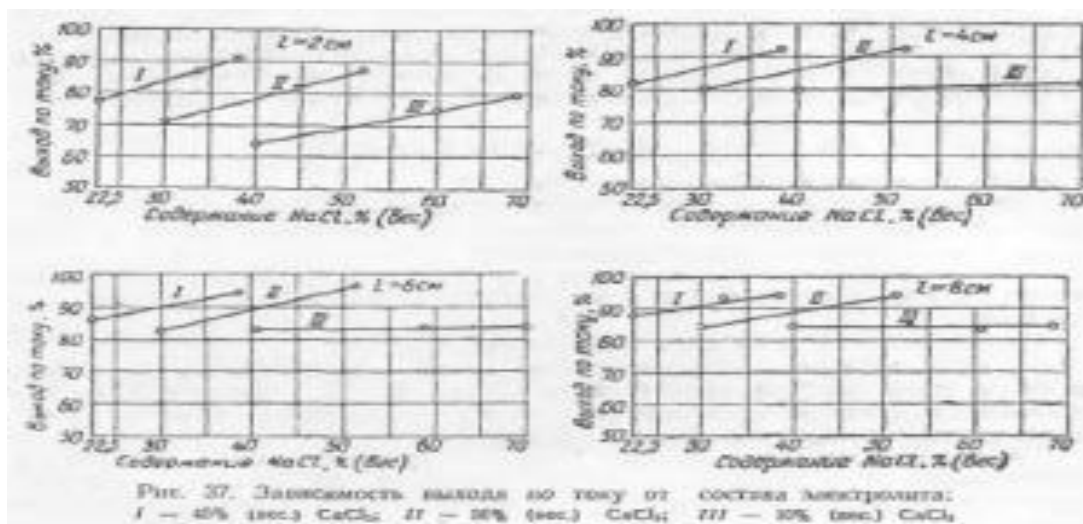


Рисунок 3 – Зависимость выхода по току от состава электролита

Влияние состава и физико-химических свойств электролита на выход по току.

При исследовании расплавов было обнаружено влияние физико-химических свойств электролитов на выход по току, поэтому следует выбирать электролиты с учетом состава основного сырья, наличия хлоридов для корректировки состава электролита и других местных условий. Исследованиями, проведенными в ВАМИ, было подтверждено положительное влияние CaCl_2 на выход по току, однако это влияние проявляется в различной степени в зависимости от содержания в электролите других компонентов. На рисунке 4 приведен изоконцентрационный разрез (10 % MgCl_2) системы $\text{MgCl}-\text{KCl}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$ с нанесенными линиями равных выходов по току при расстоянии между электродами 2 см.

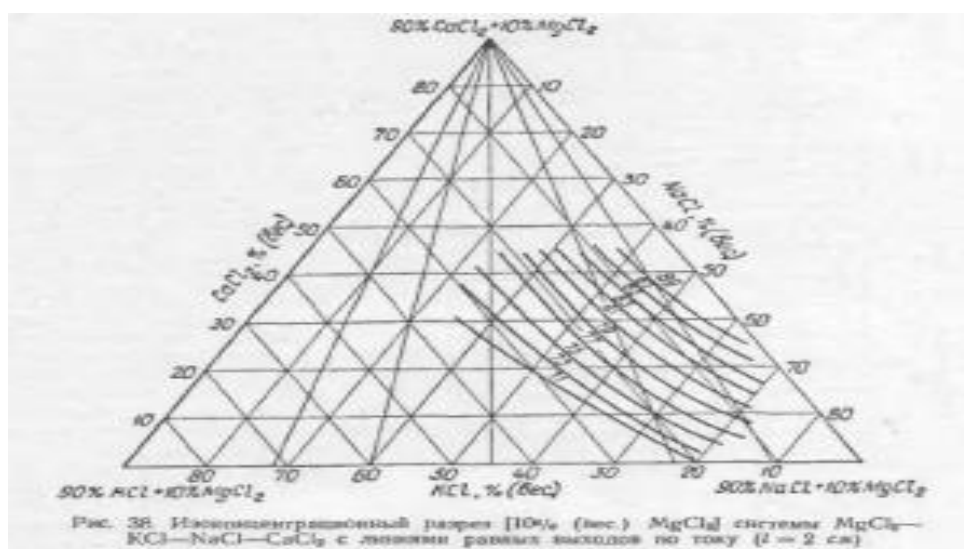


Рисунок 4 – Изотермический разрез

Линии максимальных выходов по току при расстоянии между электродами 2 см лежат в области составов, обогащенных NaCl и CaCl_2 . Одинаковые выходы по току были получены в широком интервале концентраций CaCl_2 .

Сопоставление диаграммы состав — свойство с диаграммой состав — выход по току на рисунке 5 позволяет сделать вывод о том, что влияние состава электролита на выход по току связано с изменением ряда физических свойств электролитов.

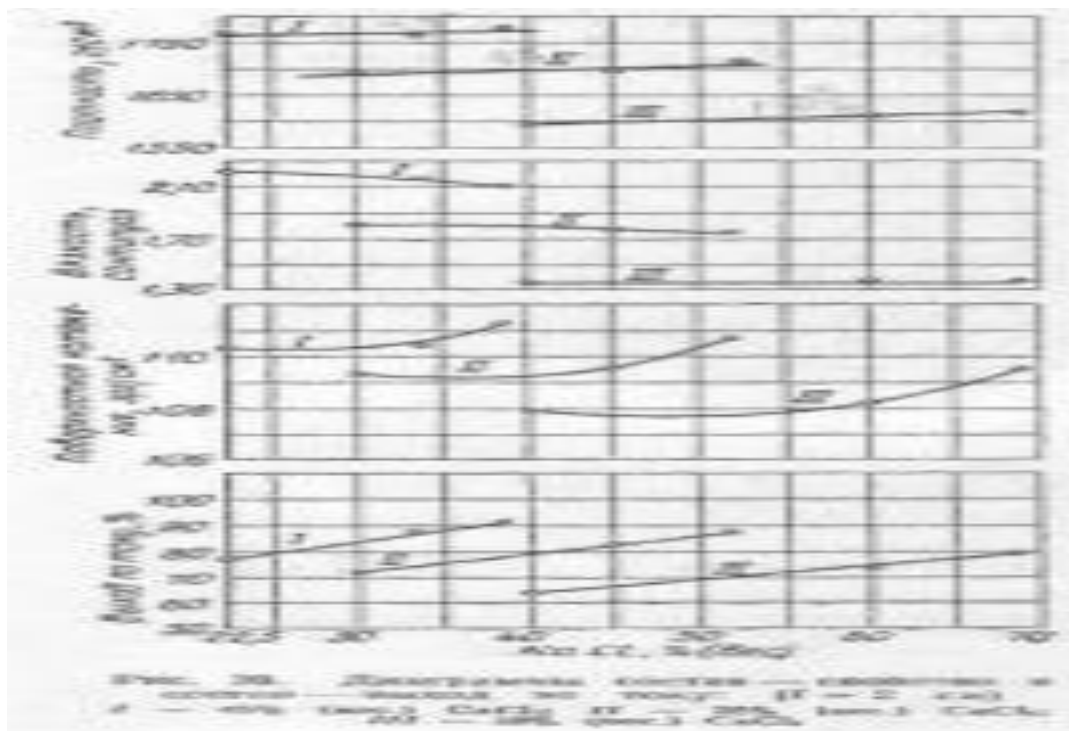


Рисунок 5 – Диаграмма состав

1.2.1 Исследование рафинирования электролитов магниевых электролизеров от примесей титана

Исследования [14] относятся к отрасли цветной металлургии, а именно к электролитическому производству магния в составе титаномагниевого комбината. Устранение негативного влияния примесей, которые содержатся в электролите магниевых электролизеров способствует, повышению выхода по току, экономии энергоресурсов, и продлению срока службы аппаратов.

Титан является одной из самых вредных примесей при электролитическом производстве магния. Минимально допустимое содержание титана в электролите 0,005 %. Превышение этого значения нарушает нормальный ход электролиза и приводит к снижению выхода по току до 10 %.

Проблемой является поиск факторов и решений, которые помогут снизить негативное влияние примесей титана на процесс электролиза.

В работах [15-17] описано взаимодействие воздуха с низшими хлоридами титана, растворенными в расплавах NaCl – KCl, в расплавах с различным содержанием MgCl₂. Расплав выдерживали в чистом аргоне, в смеси аргона с воздухом, и на воздухе. В результате исследований было установлено, что наиболее полное и быстрое удаление соединений титана из расплава в шлам происходило при его контакте с атмосферным воздухом и при повышенном содержании MgCl₂. Повышенное содержание хлорида

магния способствовало протеканию процесса гидролиза с влагой воздуха и как следствие улучшало реакции окисления низших хлоридов титана. В работах [15-17] авторами данных тезисов было изучено влияние влажности воздуха на осаждение частиц оксида магния и со осаждение соединений титана в расплавленном хлориде магния.

Было установлено, что при взаимодействии расплава с увлажненным воздухом происходило образование наиболее крупных частиц оксида магния, что способствовало процессам эффекта коагуляции между соединениями магния и титана, например в виде титанатов магния. Отбор проб на содержание Ti (общ) производится по методике, описанной в работе.

Удаление соединений титана в шлам во многом зависит от их взаимодействия с влагой, а также от концентрации хлорида магния. В работах [15-17] приводится полный факторный эксперимент для выявления степени влияния каждого из факторов на процесс удаления титана в шлам. Опыты ведутся в расплавах солей KCl – NaCl при их соотношении 3:1 соответственно, с различным содержанием MgCl₂. Концентрация хлорида магния равна 12 % и 22 %. Влага подается на поверхность расплава с увлажненной поваренной солью. Также изучается влияние температуры на процесс осаждения соединений титана. Температура расплава при проведении опытов равна 690 °C и 750 °C.

Низшие хлориды титана производятся анодным растворением титановой пластины в расплаве солей KCl – NaCl. Титан вводится непосредственно в расплав в виде полученного плава, из расчета 0,1 % от общей массы расплава.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что влажность воздуха положительно влияет на скорость осаждения примесей титана в шлам. Такое уменьшение концентрации соединений титана согласуется с выводами, приведенными в работах и результаты исследований можно будет применить при осуществлении очистки электролита в головном аппарате поточной линии электролитического производства магния, при использовании оборотного хлорида магния и повышенном содержании титана.

1.3 Применение магния

Наиболее ранней областью применения металлического магния было использование его в качестве восстановителя.

В 1865 г. Н.Н. Бекетов впервые применил магний для вытеснения с его помощью алюминия из расплавленного криолита. Этот процесс в 80-е годы 19-го века применялся в промышленности на первом немецком алюминиевом заводе в Гмелингене. Несколько позже начали использовать способность порошка магния и тонкой магниевой ленты гореть ослепительно белым пламенем с выделением большого количества тепла. Это свойство

магния получило применение в фотографии для моментальных съемок, а также в пиротехнике и для военных целей (для изготовления осветительных ракет). В обоих случаях магний обычно смешивается с веществами, легко отдающими кислород. Ракетный осветительный состав, например, может содержать 45 % Mg, 48 % NaN₂ и 7 % связующего органического вещества.

Наиболее важным практическим применением магния было использование его в качестве основы различных легких сплавов. Затем он стал использоваться и в других областях техники, благодаря своим специфическим физико-химическим и механическим свойствам.

В начале 3-го тысячелетия структура потребления магния мировой промышленностью выглядит следующим образом. На долю производства алюминиевых сплавов приходится 40 – 45 % магния, до 30 % идет на магниевые сплавы для литья различных деталей. Оставшиеся 25 % используются в черной металлургии для модифицирования чугунов и сталей, для магниетермического восстановления ряда элементов, а также в органическом синтезе.

Кризис промышленности в 90-х годах прошлого века привел к тому, что структура потребления магния на внутреннем рынке в корне отличается от мировой: 80 % магния идет в алюминиевую промышленность, 15 % составляют магниевые протекторы, 5 % используется для получения магниевых сплавов [18].

В металлургии магний в первую очередь используют в процессах металлотермического получения трудно восстанавливаемых и редких металлов (Ti, V, Zr, Hf, U), а также для раскисления и десульфурации металлов и сплавов.

Металлотермические процессы протекают при достаточно высокой температуре, когда взаимодействующие компоненты находятся в жидком состоянии и образуют двухфазную систему «жидкий металл - твердый фторид (оксид)» или «жидкий металл - газообразный галогенид металла». Магниетермия является основным способом получения титановой губки путем восстановления титана из его тетрахлорида:



Процесс восстановления осуществляется в цилиндрическом реакторе, изготовленном из жаропрочной стали, который помещается в электропечь.

После заполнения реактора магнием и разогрева до 850 °С в защитной атмосфере в него подается газообразный TiCl₄. Восстановление протекает в периодическом режиме с образованием материала, содержащего 55 – 60 % Ti, 25 – 35 % Mg, 9 – 12 % MgCl₂, который направляется на дальнейшее разделение.

Технология получения металлических циркония и гафния во многом сходна с металлургией титана и основана на магниетермическом

восстановлении хлоридов с образованием соответствующей губки - пористой и рыхлой массы, направляемой на дальнейшую очистку и переработку.

Восстановление фторида бериллия магнием - самый распространенный способ получения металлического бериллия. Процесс идет при 1000 °С в индукционной электропечи с графитовым тиглем.

По окончании восстановления температура поднимается до 1300 °С и металлический бериллий всплывает вверх. Магниетермическое восстановление тетрафторида урана, является наиболее низкотемпературным процессом и осуществляется в тигельных печах малой емкости. По достижении температуры начала реакции (760 °С) процесс восстановления завершается в течение всего лишь одной минуты.

В черной металлургии магний нашел широкое применение при раскислении и десульфуризации чугуна и стали, что связано с большой химической активностью расплавленного магния по отношению к кислороду и сере.

Магний применяется и для производства чугуна с шаровидным графитом,

Такой чугун получают, добавляя в расплав небольшое, но точно известное количество магния (до 0,12 %); при этом графит в чугуне образует не пластинчатые чешуйки, а сферические включения, вследствие чего отливки приобретают повышенные прочность и пластичность. Литой чугун с шаровидным графитом применяется для изготовления железнодорожных рельсов, деталей автомобилей и сельскохозяйственной техники, труб и трубопроводной арматуры [19-21].

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Производство магния-сырца

Электролизное отделение входит в структуру цеха № 1, одного из основных цехов АО «Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат», расположенного в городе Усть-Каменогорске Республики Казахстан, и предназначено для получения магния-сырца методом электролиза расплава солей, используемого для дальнейшего производства магния-восстановителя и затем магния в слитках.

Электролизное отделение в составе цеха № 1 принято в эксплуатацию в 1965 году.

Производство магния-сырца осуществляется методом электролиза хлористого магния в расплаве хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов с последующим его рафинированием двумя способами: с применением карналлитовой и хлормagneйской схем питания электролизеров [22].

2.1.1 Нормативные ссылки

ГОСТ 851.3	Магний сырец
ГОСТ 851.10	Магний сырец
ГОСТ 1779-83	Шнуры асбестовые. Технические условия
ГОСТ 2184-2013	Кислота серная техническая. Технические условия
СТ РК ГОСТ Р 51574-2003	Соль поваренная пищевая. Технические условия.
ВТС ТМК-03	Хлоргаз анодный
ВТС ТМК-04	Соль поваренная.
ВТС ТМК-05	Карналлит безводный.
ВТС ТМК-23	Магний хлористый титанового производства.
СК ТМК-22-01-19	Схема аналитического и технологического контроля продукции (материалов) по цеху №1

2.1.2 Требования, предъявляемые к сырью и вспомогательным материалам

Характеристики используемых в технологии производства магния-сырца сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов приведены в таблице 2 [23].

Таблица 2 – Характеристики сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Стандарт (национальный, межгосударственный), технические условия, регламент или стандарт АО «УТМК»	Показатели, обязательные для проверки и нормируемые значения	Краткое описание	
Магний хлористый титанового производства	ВТС ТМК-23	MgCl ₂ , %, не менее 99,0 Ti, %, не более 0,01 MgO, %, не более 0,55 Fe, %, не более 0,015	Химическая формула – MgCl ₂ . Молекулярная масса – 95,2. Температура плавления – 713°C, температура кипения 1412 °С. Не токсичен, не пожароопасен, не взрывоопасен. Очень гигроскопичен. Перевозка в ковшах в расплавленном состоянии из цеха №3 (из аппаратов восстановления титана), механизированная заливка в электролизеры.	
Карналлит безводный	ВТС ТМК-05	MgCl ₂ , %, не менее 50 MgO, %, не более 0,8 С, %, не более 0,08	Химическая формула – KCl·MgCl ₂ . Молекулярная масса – 169,8. Температура плавления 487°C. Не токсичен, не пожароопасен, не взрывоопасен. Перевозка из карналлитового хлоратора в ковшах, механизированная заливка в электролизеры.	
Безводный карналлит, марка А Безводный карналлит, марка Б Температура плавления при сливе в ковш		MgCl ₂ , % не менее 48 MgO, %, не более 0,8 С, %, не более 0,08 °С, не ниже 700		
Аноды графитовые	Сертификат качества	Аноды АВ 150*1323*2130	УЭС max 6,5мкОм*м УЭС мин 5,3мкОм*м	Применяются в электролизерах в качестве положительных электродов
Концентрат плавиково-шпатовый металлургический	ГОСТ 29219	Фтористый кальций, диоксид кремния, сера, углекислый кальций	Химическая формула – CaF ₂ . Молекулярная масса – 78,1. Температура плавления 1360°C. Токсичен. Класс опасности 3. Не пожароопасен, не взрывоопасен. Применяется как компонент электролита.	Перевозка в биг-бэгах, загрузка в электролизеры вручную.
Воздух сжатый осушенный	ТР ТМК-28-04	Рабочее давление от 5 кгс/см ² до 6,2 кгс/см ² . Содержание влаги не более 0,1 мл гр/литр	Поставка осушенного воздуха в цех осуществляется от турбокомпрессорной станции цеха №7 по трубопроводу	Работа пневмошунтов, приборов КИПиА, пневмоинструмента

Продолжение таблицы 2

Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Стандарт (национальный, межгосударственный), технические условия, регламент или стандарт АО «УТМК»	Показатели, обязательные для проверки и нормируемые значения	Краткое описание	
Соль поваренная	ВТС ТМК-04 СТ РК ГОСТ Р 51574 или условия контракта		Химическая формула – NaCl. Молекулярная масса - 58,4. Не токсична, не пожароопасна, не взрывоопасна. Содержание в расплаве электролита не менее 70 %	Транспортировка железнодорожным и автомобильным транспортом, механизированная выгрузка и загрузка в электролизеры и солевую печь.
Кислота серная	ГОСТ 2184	не менее 80%	Химическая формула – H ₂ SO ₄ . Молекулярная масса – 98,1. Токсична. Не горюча. Не пожароопасна, не взрывоопасна, при соприкосновении с водой бурная реакция с большим выделением тепла.	Перевозится в специальных цистернах. Применяется в качестве рабочей среды для хлорного компрессора.
Шнур асбестовый	ГОСТ 1779	Поврежденные нити, максимальная доля влаги не более 3 - 4,5 %	Волокнистый эластичный материал с сердечником.	Применяют в качестве уплотнительной прокладки анодов электролизера и при соединении технологических труб и патрубков вакуум-ковшей.
Футеровочный материал	ГОСТ 390-2018 ГОСТ 8691-2018	Кирпич шамотный	Огнеупорность от 1960°C Пористость открытия до 24% Предел прочности при сжатии от 20,0 Н/мм ² . Температура начала размягчения от 1300°C	Применяются в электролизере в качестве материала для кладки
Вода охлаждающая химически очищенная	Правила технической эксплуатации электрических станций 2015 г	Электрическое сопротивление не более 80 мксм/м	Поставка деаэрированной воды (ХОВ) производится по трубопроводу Ду 57 от Согринской ТЭЦ	Применяют в системе водяного охлаждения оборудования (головок анодных блоков электролизеров) подача ХОВ осуществляется насосами НКУ140,250
Электроэнергия (ток переменный, ток постоянный)	ГОСТ 32144	Частота переменного тока – 50 Гц. Отклонение от номинального напряжения «+ -» 5%	Электроснабжение постоянным током электролизеры осуществляются по шинопроводу от ППП-1,2 цеха №7	Переменный ток используется для сушки электролизеров и электропитания вспомогательного оборудования

2.1.3 Технологические схемы производства магний-сырца

На рисунке 6 показана выборка металла (магния-восстановителя) вакуум-ковшом, на рисунке 7 – сборная ячейка электролизера.

Аппаратурно-технологическая схема производства магния-сырца на электролизерах карналлитовой схемы питания приведена на рисунке 8.

Аппаратурно-технологическая схема производства магния-сырца на электролизерах хлормagneйевой схемы питания приведена на рисунке 9.



Рисунок 6 – Выборка металла (магния-восстановителя) вакуум-ковшом



Рисунок 7 – Сборная ячейка электролизера

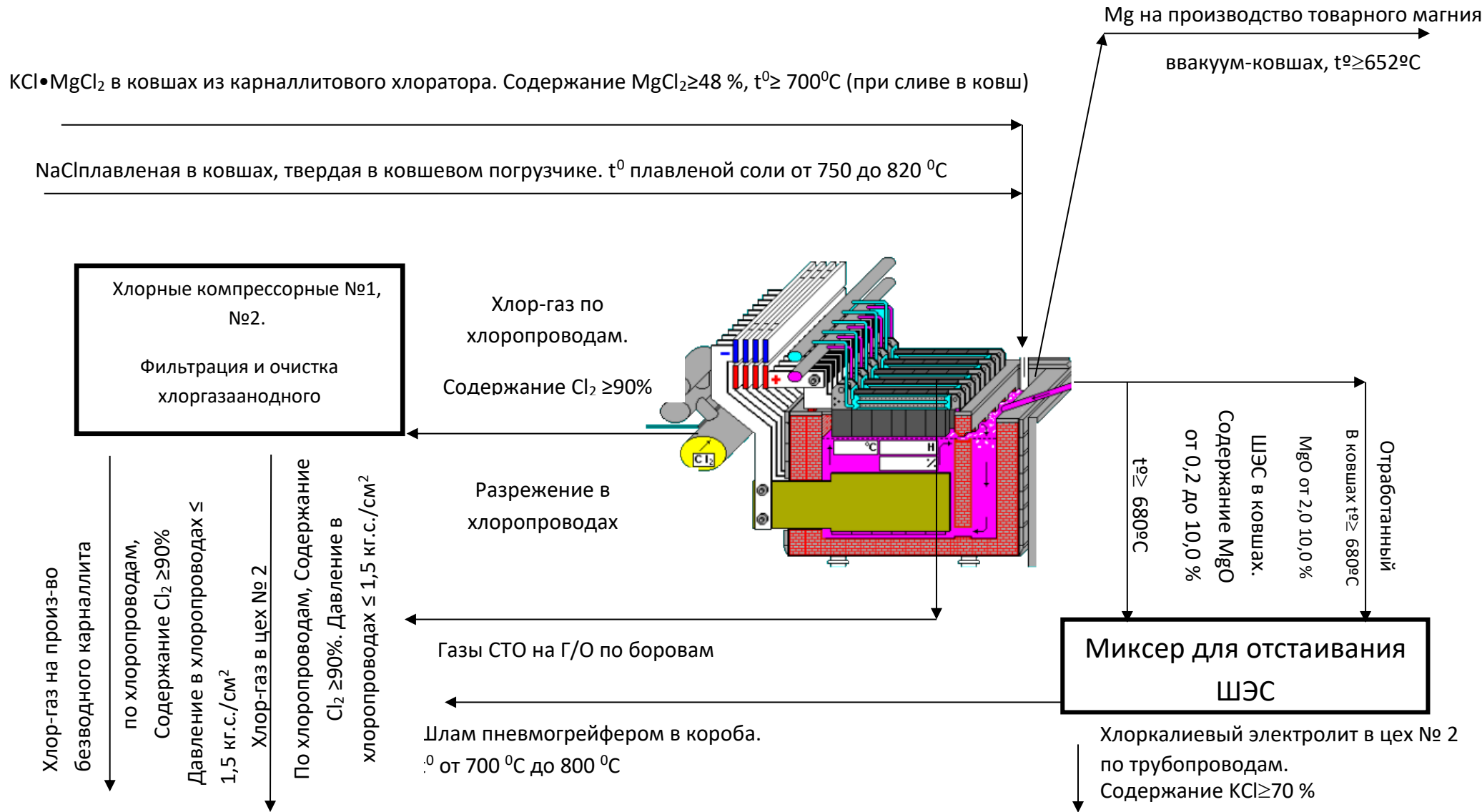


Рисунок 8 – Аппаратурно-технологическая схема производства магния-сырца на электролизерах карналлитовой схемы питания

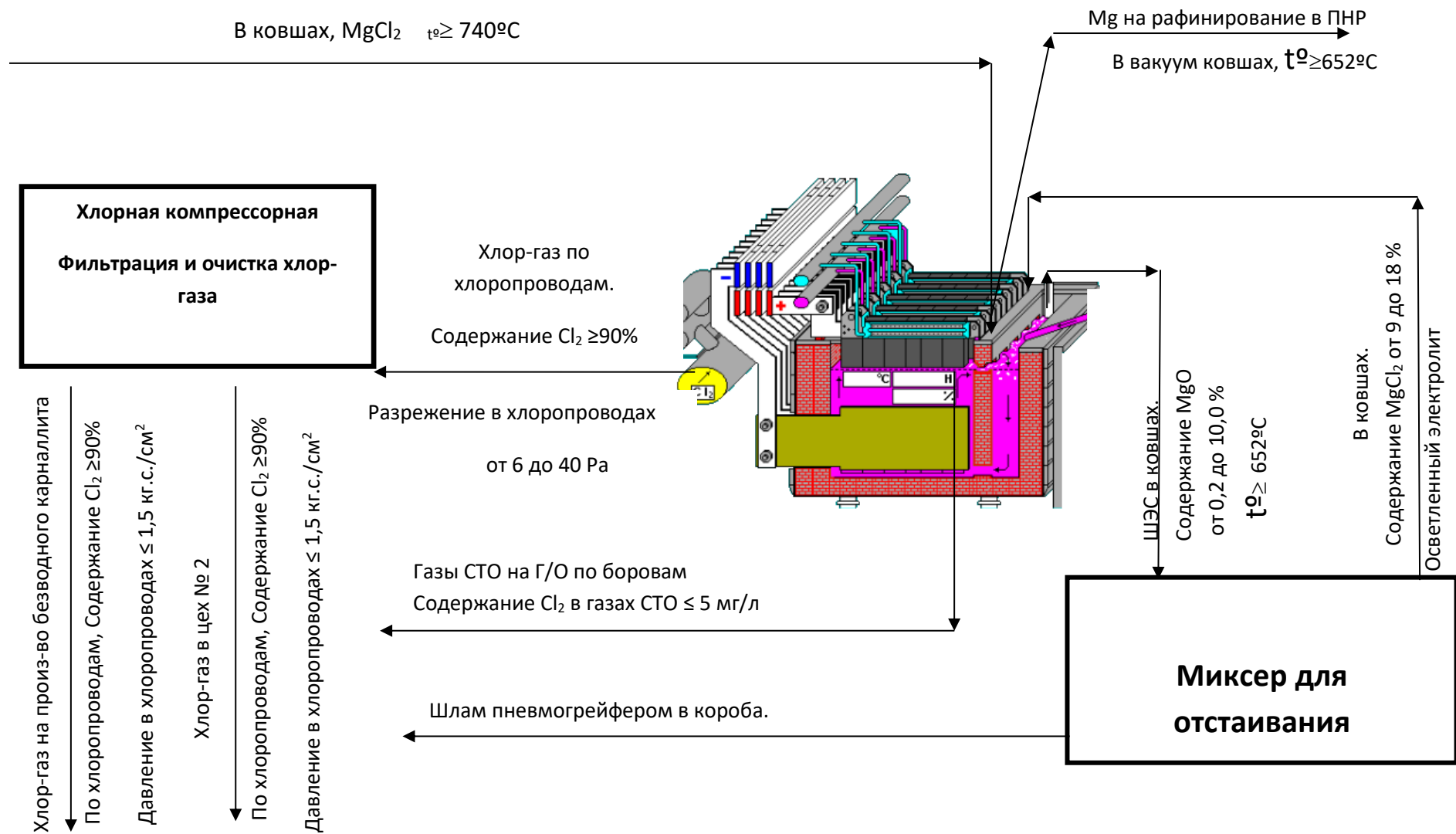


Рисунок 9 – Аппаратурно-технологическая схема производства магния-сырца на электролизерах хлормagneйевой схемы питания

2.1.4 Физико-химические основы процесса

Производство магния-сырца осуществляется методом электролиза магния хлористого в расплаве хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов с последующим его рафинированием. Под воздействием постоянного тока на катоде разряжаются только катионы Mg^{2+} по электрохимической реакции



Основной реакцией, которая протекает на графитовом аноде, является разряд ионов хлора:



В процессе электролиза магний получают в жидком виде. Поскольку температура плавления магния ниже температуры электролита, он выделяется на катоде в жидком состоянии. По мере накопления жидкий магний формируется в крупные капли, которые отрываются от катода и всплывают. Хорошее смачивание поверхности катода магнием является важнейшим условием для благоприятного течения процесса электролиза.

Газообразный хлор, выделяющийся на аноде, мало растворяется в электролите и в виде пузырьков удаляется из ванны [24].

Примеси, содержащиеся в электролите, оказывают существенное влияние на выход по току.

В процессе электролиза магния помимо электродных в расплаве протекают побочные процессы, приводящие к образованию шлама, который осаждается на дне электролизера. Пропитанный солями электролита шлам представляет собой вязкую массу черного или темно-бурого цвета, состоящую, в основном, из оксидов Mg, Al, Si, Fe (с преобладанием 70-90 % MgO) [25].

2.1.5 Описание технологии производства магния-сырца

Питание электролизеров осуществляется двумя видами сырья: безводным карналлитом, полученным на переделе обезвоживания карналлита, и магнием хлористым титанового производства.

Соответственно имеются две схемы питания электролизеров:

- 1) карналлитовая;
- 2) хлормagneйная.

Карналлитовая схема питания.

Под действием постоянного тока, подаваемого на электроды электролизера, входящий в состав поступающего из безводного карналлита

магний хлористый разлагается на металлический магний и газообразный хлор. Для качественного слияния в компактную массу выделяющегося на катодах магния и лучшего его отделения от электролита, в последний вводится фтористый кальций в виде порошка плавиково-шпатового концентрата.

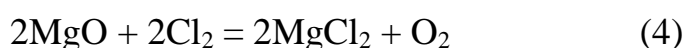
Расплавленный магний собирается на поверхности электролита, откуда выбирается вакуум-ковшами и поставляется в ПНР.

Образующийся хлор по системе хлоропроводов откачивается хлорными компрессорами и поставляется по хлоропроводам потребителям (цеху № 2 и цеху № 1).

По мере протекания процесса электролиза концентрация магния хлористого в электролите постепенно понижается, одновременно снижается уровень электролита, вследствие удаления продуктов электролиза (хлора, магния). Поддержание необходимой концентрации магния хлористого и сохранение рабочего уровня электролита в электролизере обеспечивается периодической заливкой безводного карналлита.

В состав безводного карналлита, поступающего из карналлитового хлоратора, кроме магния хлористого, входят хлористый калий, хлористый натрий, хлористый кальций, оксид магния и другие примеси. Изменяющиеся в процессе электролиза содержащиеся в составе безводного карналлита хлористый калий, хлористый натрий и хлористый кальций являются балластными солями, которые по мере накопления в электролизере необходимо удалять [26].

Оксид магния, поступающий с безводным карналлитом в электролизер, частично вступает в реакцию с выделяющимся на аноде газообразным хлором:



Образующийся кислород частично вступает в реакцию с углеродом анодов с образованием оксида и двуокси углерода. Частично происходит окисление магния хлористого и металлического магния с образованием оксида магния. Основная часть оксида магния накапливается на подине электролизера, образуя ШЭС периодически выводимую из электролизера.

С целью повышения электропроводности электролита после выборки ШЭС в электролизер загружается поваренная соль в кристаллическом или расплавленном состоянии.

Периодической заливкой безводного карналлита достигается поддержание концентрации магния хлористого и сохранение рабочего уровня электролита в электролизере. Безводный карналлит заливается в сборную ячейку из ковша. Для поддержания заданного соотношения компонентов электролита перед основной заливкой сырья из электролизеров с помощью вакуум-ковша удаляется отработанный электролит.

Выборку металла из электролизеров осуществляют с помощью вакуум-ковша. Вместе с магнием в вакуум-ковш захватывается электролит, который, имея более высокую плотность, чем магний, отделяется от магния отстаиванием и собирается в нижней части ковша. Отделившийся от магния электролит сливается обратно в электролизер. Уровень металла в ковше определяется с помощью контактного уровнемера.

Герметичность рабочего отделения электролизера при откачке отработанного электролита и выборке шлама обеспечивается за счет U-образных каналов [27].

Хлормагниевая схема питания.

В зависимости от объема производства губчатого титана и, соответственно, полученного в титановом производстве магния хлористого, рассчитывают количество электролизеров, питаемых магнием хлористым титанового производства.

Извлечение магния, загрузка фтористого кальция и хлористого натрия для электролизеров хлормагниевой схемы питания, осуществляется аналогично пункту. Поддержание заданных концентраций магния хлористого и уровня электролита в электролизере обеспечивается периодической загрузкой магния хлористого.

Выборка магния-сырца осуществляется каждую смену из каждого электролизера. Для выборки магния-сырца из электролизеров, используют подвесные двухлеточные вакуум-ковши емкостью 2,0 м³ и 3,3 м³ (3,0 т и 5,0 т соответственно). Ковши после наполнения транспортируются электрокарами на участок производства магния-восстановителя, где металл сливается в кольцевую печь непрерывного рафинирования (ПНР) или в электролитейное отделение, для слива магния-сырца в рафинировочные печи СМТ-1 или ПНР электролитейного отделения на производство товарного магния.

Поставка хлора потребителям.

Выделяющийся на аноде электролизера хлор отсасывается хлорными компрессорами и поступает через анодные патрубки в анодный коллектор. Из коллектора по стояку анодный хлор-газ поступает в сборный хлоропровод (в него собирают газ с девяти электролизеров). Между анодным коллектором и сборным хлоропроводом на стояке установлен отсечной клапан, который служит запорной арматурой при пуске, остановке и опрессовке электролизеров. По сборному хлоропроводу хлор подается в магистральный хлоропровод через пересыпное устройство, из магистрального хлоропровода хлор по трубопроводу поступает в хлорный рукавный фильтр (Температура хлоргаза, при входе в магистральный хлоропровод должна быть не выше 150 °С обеспечивается своевременной чисткой хлоропроводов и работой приточно-вытяжной вентиляции) [28].

В коллекторе, а также в патрубках, соединяющих анодное пространство электролизера, осаждаются возгоны солей, которые увлекаются газами из электролизеров. Основная масса возгонов солей скапливается в сборном и магистральном хлоропроводах. Из сборного хлоропровода

образовавшиеся возгоны удаляется скребком. Запускается механический скребок и пересыпает возгон через нижний лючок сборного хлоропровода в верхний лючок магистрального хлоропровода, соединенных трубопроводом с диэлектрической вставкой в магистральный хлоропровод. Через систему транспортеров поступает в бак для растворения возгона водой. Полученный таким образом раствор хлористых солей откачивается насосом в кислую канализацию, или вывозятся на станцию нейтрализации.

Анодный хлор-газ перед входом в компрессоры подвергается очистке от возгонов в пяти параллельно включенных рукавных фильтрах:

- №№ 1, 2, 3, 4, 5 - на хлорной компрессорной № 1;
- №№ 6, 7, 8, 9, 10 - и на хлорной компрессорной № 2.

Хлорная компрессорная № 1 оснащена четырьмя компрессорами РЖК-1800, имеющими порядковые номера 1, 2, 3, 4. Хлорная компрессорная № 2 оснащена четырьмя компрессорами РЖК-1800, имеющими порядковые номера №№ 5, 6, 7, 8.

Каждый компрессорный агрегат оснащен кислотоотделителем и холодильником со змеевиком. В качестве рабочей жидкости хлорных компрессоров используется серная кислота, которая также поступает на всасывающую линию компрессора. Во время нагнетания часть серной кислоты увлекается вместе с хлор-газом. В кислотоотделителе она отделяется, а затем проходит через змеевик холодильника, где охлаждается водой и снова поступает на всасывающую линию компрессора.

На каждом сборном напорном коллекторе хлора установлена каплеуловитель (ловушка), для улавливания капель серной кислоты, увлекаемых хлор-газом с кислотоотделителей. После тонкой очистки в каплеуловителе, хлор-газ поступает в напорные хлоропроводы, откуда подается потребителям. Уловленная из каплеуловителя серная кислота, попадает в кислотонакопитель (небольшая цилиндрическая емкость со смотровым окном, расположенная под каплеуловителем и соединенная с ним вертикальной трубой), откуда периодически сливается в бак для растворов отработанной серной кислоты.

Серная кислота во время работы разбавляется за счет поглощения влаги из хлоргаза и периодически выводится из системы хлорных компрессоров. Отработанная серная кислота из кислотоотделителя при помощи кислотного насоса перекачивается в бак для раствора солей отработанной серной кислоты, откуда вывозится автомашиной на станцию нейтрализации цеха № 9.

Серная кислота поступает в железнодорожных цистернах и перекачивается в цистерны пункта перекачки серной кислоты. Из цистерны, по мере необходимости, перекачивается по кислотопроводам в цистерны хлорных компрессорных № 1, № 2, а затем в кислотоотделитель компрессорной установки. Ответственность за прием серной кислоты на пункт перекачки кислоты, хранение её в технологических ёмкостях несет мастер ОПУ (хлорная служба) электролизного отделения.

Между хлорной компрессорной № 1 и № 2 смонтирована линия диаметром 426 мм, соединяющая коллекторы всаса. В случае необходимости (отсутствие резерва компрессоров на одной из компрессорных), линия, посредством запорной арматуры, может быть включена в работу.

Для улучшения качества анодного хлор-газа периодически производится опрессовка электролизеров хлором с последующей заделкой всех неплотностей [29].

Удаление отработанного электролита.

В связи с накоплением балластных солей хлористого калия в электролизерах карналлитовой схемы питания перед основной заливкой сырья производится удаление отработанного электролита с помощью вакуум-ковша. Отработанный электролит транспортируется на переработку в электролитейное отделение, где сливается в миксер.

Удаление шламо-электролитной смеси.

Извлечение ШЭС производится с помощью шламового вакуум-ковша со специальным шламосборным инструментом.

ШЭС карналлитовых электролизеров направляется на грануляцию для получения отработанного электролита, или откачивается на участок хлорирования титанового производства.

ШЭС хлормagneвских электролизеров подвергается осветлению в миксере для осветленного электролита. Полученный осветленный электролит возвращается в электролизеры. Осевшая часть удаляется из миксера грайфером в виде шлама и вывозится на полигон складирования твердых промышленных отходов. После выборки ШЭС в электролизер загружают хлористый натрий.

2.1.6 Описание режимов работы оборудования

Остановка электролизера.

Электролизер, который экономически не целесообразно использовать, отработавший плановый срок или вышедший по каким-либо причинам из строя преждевременно, подготавливается к остановке для проведения ремонта.

Перед остановкой из электролизера выбираются шлам и металл, электролит разогревают до 750°C. В процессе остановки:

- производится слив воды с СВО электролизер переводится на сантехнический отсос, то есть за счет специального П-образного газохода соединяются между собой анодный и сантехнический коллекторы; на анодном отсосе закрывается отсечной клапан;
- снимается токовая нагрузка на серии;
- электролизер отключается от основного шинпровода путем установки шунтирующих ножей на магистральном шинпроводе;

– на серию подается нагрузка, и из электролизера вакуум-ковшами удаляется электролит.

После охлаждения электролизер готов к демонтажу.

Замена анодного блока.

Обслуживание (характер и объем работ) анодных блоков зависит от сроков службы электролизеров:

– менее 22 месяцев - замена анодных блоков производится только в случае обрыва брусьев на подину;

– от 22 до 38 месяцев при снижении выхода по току и для стабилизации теплового баланса производится замена анодов в требуемом количестве.

– свыше 38 месяцев замена производится только в случае обрыва брусьев на подину или при резком ухудшении работы электролизеров. Для замены допускается использовать бывшие в употреблении блоки.

Перед установкой нового анода из рабочего отделения удаляют магний.

Замена анодных блоков производится в следующей последовательности:

1) Электролизер отключают от СВО, разрезают трубки на входе и выходе из кессонов анодного блока.

Для этого:

– в подвальном помещении открывают дренажные вентили ВН-3 на выходе из кессонов;

– перекрывают задвижки ВН-5 подачи воды на входе и выходе из кессонов;

– в подвальном помещении открывают дренажные вентили ВН-3 на входе воды в кессоны и затем на электролизере открывают все дренажные вентили ВН-1;

– на все открытые (закрытые) задвижки и вентиля электролизера вывешивают запрещающие знаки безопасности с надписями: «Не закрывать (не открывать). Работают люди»;

– после того, как стрелка манометра на трубопроводе на выходе из кессонов установилась на ноль, а также визуально подтвердилось прекращение испарения воды из дренажей электролизера, слесари-ремонтники устанавливают заглушки во фланцевых соединениях трубопроводов с электроизолирующими вставками Ду-80 на входе и выходе из кессонов;

– электрогазосварщики службы механика разрезают трубки на входе и выходе из кессонов анодного блока.

2) Электролизер переводят на сантехнический отсос (СТО).

3) Анод отключают от основного шинпровода, освобождают от герметизирующего уплотнения в анодном перекрытии и краном удаляют (вынимают) из электролизера.

4) Проем перекрытия тщательно очищают от герметизирующего уплотнителя скребками. Предварительно прогретый в печи для сушки

анодных блоков сменный анод с помощью мостового крана устанавливают в проеме перекрытия.

5) Во избежание выброса расплава из электролизера, погружение анода в расплав производят в течение 4-5 минут.

6) Присоединяют ошиновку анода к основному шинопроводу, производят герметизацию электролизера жидким стеклом с наполнителем из диабазовой крошки, после чего электролизер переводят на анодный отсос.

7) Производят газосварку трубок входа и выхода химочищенной воды в кессонах анодного блока.

8) Электролизер подключают к СВО.

Для этого:

- электрогазосварщиками службы механика производится сварка трубок входа и выхода кессонов анодного блока;
- монтажниками на ремонте ванн убирается заглушка, производится затяжка фланцевых соединений с электроизолирующими вставками Ду-80.

Затем производится подача воды в кессоны в следующем порядке:

- закрываются все дренажные вентили ВН-1 на электролизере, кроме дренажных вентилях ВН-1 на выходе из кессонов с правой стороны электролизера, и вентили ВН-3 на входе воды в кессоны в подвальном помещении;

– плавно открывается задвижка ВН-5 подачи воды в кессоны; давление воды в кессонах не должно превышать $3,0 \text{ кгс/см}^2$ (по показаниям манометра).

В этом режиме электролизер выдерживается 15-20 минут, затем:

- плавно, во избежание больших гидроударов, открывается задвижка ВН-5 на выходе воды из кессонов;
- закрываются дренажные вентили ВН-1 на выходе из кессонов, находящиеся на электролизере с правой стороны;
- закрываются дренажные вентили ВН-3 на выходе из кессонов в подвальном помещении.

Во время слива и подачи воды в кессоны необходимо обязательно следить за уровнем воды в баке-сепараторе, производя, при необходимости, вентилями ВН-4 подачу (долив) воды в бак.

На следующий день после установки анода производится протяжка контактов Си-С на замененном анодном блоке, а также опрессовка электролизера с целью проверки его герметичности. Для этого через люки коллектора и хлорный патрубок забрасывают в электролизер кусочки битума 50-100 г. Закрывают люки коллектора и прикрывают отсечной клапан. От избыточного давления через неплотности газовой зоны электролизера и коллектора будет выделяться хлор с продуктом горения битума, оставляя черный след. Открывают отсечной клапан, а выявленные места разгерметизации электролизера замазывают раствором диабаза на жидком стекле или зачеканивают асбошнуром, асбополотном, пропитанным этим раствором [30-33].

Пуск электролизера.

Перед пуском производится сушка электролизера. Сушку электролизеров производят с помощью электрических нагревателей, изготовленных из нихромовых лент в виде двух отдельных рамных секций.

Нагреватели устанавливают на подину электролизера, в каждую половину по секции, подключают к трансформатору ОСЗ-250/0,5, установленного на опорах электролизера. Во избежание деформации футеровки и растрескивания перегородки, сушку ведут не менее двадцати суток, постепенно повышая температуру в рабочем пространстве электролизера путем изменения ступеней на трансформаторе до 380 °С. При температурах 200 °С, 350 °С, 380 °С делают выдержку не менее двух суток на каждой.

Пуск электролизера на постоянном токе.

Перед пуском отключают трансформатор ОСЗ-250/0,5, удаляют нагреватели из электролизера. Пуск электролизера производят на постоянном токе с постоянным подъемом уровня рабочего электролита с содержанием хлористого натрия от 30 % до 40 % из работающих электролизеров, питаемых хлористым магнием. При таком методе пуска достигается быстрая пропитка футеровки электролизера электролитом и обработка катодной поверхности хлором, что сокращает пусковой период.

За 30 минут до заливки электролита в электролизер, производят демонтаж нагревателей. Электролизер переводится на СТО. Устанавливаются перекиды от анодного коллектора на катодный отсос. При этом коллектор анодного отсоса отключают от сборного хлоропровода, перекрытием отсечного клапана.

Для уменьшения настыеобразования на подине электролизера в отключенный электролизер заливают от 2,0 тонн до 4,0 тонн безводного карналлита. После того, как карналлит начнет кристаллизоваться, заливают от 8,0 тонн до 10,0 тонн рабочего электролита из работающих электролизеров с температурой от 660 °С до 690 °С с содержанием $MgCl_2$ – от 8,0 % до 16 %, $NaCl$ – от 30 % до 40 %. При этом уровень электролита должен быть не менее 450-500 мм от подины, из расчета глубины погружения катодного листа – не менее 150 мм.

Заливку рабочего электролита производят вакуум ковшом, с целью исключения попадания в электролизер шлама и металлического магния.

Снимают нагрузку на серии, удаляют ножи шунтирующего устройства и подают постоянный ток на серию.

Для предотвращения выделения газа в атмосферу цеха, регулируют величину сантехнического отсоса установкой положения регулирующей заслонки в положение «открыто».

В первое время уровень электролита в электролизере понижается в результате пропитывания футеровки электролизера электролитом. Убыль электролита восполняется заливкой рабочего электролита из электролизеров, питаемых хлористым магнием, с содержанием $MgCl_2$ – от 10,0 % до 16 %. В

дальнейшем заливку электролита производят при достижении температуры электролита от 670 °С до 700 °С. При этом заливают от 1,0 тонн до 3,0 тонн электролита, во избежание резкого падения температуры.

По достижении уровня электролита от 600 мм до 900 мм от подины, подается вода в кессоны электролизера. Подъем уровня осуществляют до $-2 \div +10$ делений по пьезометрическому уровнемеру (1 деление по пьезометрическому уровнемеру соответствует 1 см уровня расплава в электролизере). Электролизер подключается к СВО при уровне не ниже 600 мм от подины электролизера.

Электролит, заливаемый в электролизер, не должен содержать металлический магний. Из-за низкой температуры электролита в начале пуска возможно короткое замыкание анода на катод через магний.

Подъем уровня электролита во время пуска производится за 7-10 часов.

Концентрацию $MgCl_2$ в электролите после поднятия уровня поддерживают в пределах от 9,0 % до 18,0 %, как на рабочих электролизерах.

Пусковой электролит насыщается вредными примесями железа и кремния из футеровки, которые приводят к пассивации катодов и увеличению пускового периода. Удаление загрязненного электролита из электролизеров производится ежедневно, в течение 3-7 суток, откачкой шламоэлектролитной смеси шламовым ковшом.

Восполнение уровня производится только рабочим электролитом из электролизеров хлормagneйевой схемы питания с концентрацией $NaCl$ – от 30,0 % до 40,0 %, что бы исключить дозировку большого количества соли.

В течение трех дней пускового периода производится протяжка контактов $Al - Al$, $Al - Fe$, $Cu - C$. В течение трех суток электролизер переводится на анодный отсос хлора. Производится опрессовка электролизера для его герметизации.

После работы электролизера от трех до пяти суток снимают замеры падения напряжения в контактах $Cu - C$, $Cu - Al$, $Al - Fe$, $C - C$. Полученные замеры сохраняются для сравнения с замерами, получаемыми через промежутки времени от 8 месяцев до 16 месяцев работы электролизера. Пусковой период считается законченным, после того как электролизер, находясь в оптимальном температурном режиме, достигнет технических показателей, установленных данной инструкцией.

Пуск электролизера на переменном токе.

Установить два трансформатора ОСЗ-250 у торцов электролизера, подсоединить ошиновку подогреваемых электродов. Высокая сторона трансформатора ОСЗ-250 подключается кабелем КРПТ на напряжение 380 В к автомату АВ-1500.

Проверить электроизоляцию электролизера, при этом обратить особое внимание на изоляцию анодных коллекторов и патрубков сантехотсоса.

Установить электроды в сборную ячейку в количестве трех штук; произвести заливку расплава на высоту 400-500 мм от подины, с включением трансформаторов к источнику питания; подъем уровня осуществлять по мере разогрева расплава за счет осветленного электролита из миксеров ШЭС.

При достижении рабочего уровня и температуры расплава 700 °С отключить трансформаторы и извлечь электроды из электролизера.

В дальнейшем снимается нагрузка на серии, удаляются шунты, выполняются все необходимые операции с соблюдением норм технологического режима.

Пуск электролизера на постоянном и переменном токе.

Пуск электролизера на постоянном и переменном токе производится аналогично. Если расплав после пуска электролизера медленно набирает температуру, с большими перерывами между подливками электролита, то возможен дополнительный подогрев расплава переменным током.

Для этого устанавливается трансформатор ОСЗ-250 по фронту электролизера, монтируются два электрода в сборную ячейку, подсоединяются к трансформатору. Высокая сторона трансформатора ОСЗ-250 подключается кабелем КРПТ на напряжение 380 В к автомату АВ-1500. Трансформатор включается и осуществляется дополнительный подогрев расплава переменным током.

Проведение любых технологических операций на электролизере при включенном трансформаторе запрещается.

Замеры перепадов напряжения в контактных частях электролизера.

Замеры перепадов напряжения в контактах Al-Al, Al-Fe, Cu-графит, Al-Cu производятся после пуска электролизера и далее один раз в квартал.

Замеры перепадов напряжения у электролизера, в контактах графит – графит проводятся один раз в месяц.

Замеры осуществляют два электролизника. Для замеров используется милливольтметр с двумя щупами, имеющими заостренные наконечники. Один из электролизников легким ударом втыкает щупы в место, замера перепада напряжения, а другой по показаниям милливольтметра производит запись в журнале.

При замере перепада напряжения в контактах Al-Al, один щуп втыкается в торцевую часть алюминиевого контакта анодного блока, а другой - в торцевую часть алюминиевого контакта шинпровода в местах их соприкосновения.

Замеры перепада напряжения в контактах Al-Fe производятся с отм. - 3,2. Один щуп втыкается в торец контактной части катода, а другой - в торец алюминиевого контакта шинпровода в место их соприкосновения.

При замере перепада напряжения в контактах Cu-графит один щуп втыкается в верхнюю часть анодного блока, в один из графитированных брусков, а другой в медную шину в место их соприкосновения. Замеры производятся для каждого бруска в отдельности.

При замере перепада напряжения в контактах Al-Cu один щуп втыкается в медную шину анодного блока, а другой в алюминиевую шину в место их соединения.

Для замеров перепада напряжения графит - графит, один щуп втыкается в верхнюю часть графитированного бруса, а другой в нижнюю часть этого же бруса, непосредственно над перекрытием.

Химический состав продуктов и режимные параметры технологического процесса [34].

2.1.7 Требование безопасности, характеристика опасных, вредных веществ и меры защиты

Хлористый водород (HCl).

Хлористый водород образуется в электролизном отделении в процессе гидролиза магния хлористого, при заливке в электролизер.

Бесцветный газ, предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 5 мг/м^3 . Действует на дыхательные пути: наблюдается кашель, чувство стеснения и сжатия в груди, першение в горле, хрипота, одышка. В дальнейшем может возникнуть бронхит и отек легких.

Меры предупреждения: систематический контроль концентрации хлористого водорода в атмосфере цеха, обеспечение необходимой герметизации оборудования и нормальной работы приточно-вытяжной вентиляции.

Средства защиты: фильтрующий противогаз с фильтрующей коробкой марки ФК-5Б.

Хлор (Cl₂).

Хлор получается в процессе производства магния – сырца и выделяется из не плотностей электролизера, хлорных компрессорных, хлорных коммуникаций [35].

Хлор – газ желтовато-зеленого цвета с резким удушающим запахом. Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 1 мг/м^3 .

При отравлении: действует на дыхательные пути, сильный кашель, спазмы голосовой щели, чувство сжатия в области груди, мокрота, одышка, общая слабость, тошнота, рвота, жжение и царапанье в горле, насморк, чихание, слезотечение.

Меры предупреждения: систематический контроль концентрации хлора в атмосфере цеха. В цехе установлены газоанализаторы с автоматической звуковой и световой сигнализацией. Обеспечение необходимой герметизации оборудования и коммуникаций, обеспечение нормальной работы приточно-вытяжной вентиляции.

Средства защиты: фильтрующий противогаз с фильтрующей коробкой марки ФК-5Б.

Первая помощь: немедленное удаление пострадавшего из загазованной зоны с освобождением от стесняющей одежды, длительное вдыхание кислорода.

Серная кислота (H_2SO_4).

Серная кислота применяется как рабочая жидкость хлорных компрессоров [36].

Серная кислота – маслянистая, в чистом виде бесцветная прозрачная жидкость. С водой смешивается в любых пропорциях, с выделением большого количества тепла. При нагревании образует пары SO_3 , которые, соединяясь с водяными парами воздуха, образуют кислотный туман. Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 1 мг/м^3 .

Серная кислота раздражает и прижигает слизистые оболочки носа. При отравлении высокими концентрациями серной кислоты появляются рвота, кровавая мокрота. Действуя на кожу, серная кислота вызывает сильные ожоги, трудно поддающиеся заживлению.

Методы предупреждения: предусмотрены безопасные и надежные устройства для переливания и хранения кислоты, трубопроводы и насосы герметизированы.

Средства защиты: рабочие хлорных компрессорной при выполнении работ по замене кислоты, установке разбега на компрессоре, перехода с одной нитки на другую и т.д. должны работать в резиновых сапогах, перчатках, в противогазе с фильтрующей коробкой марки ФК-5Б с резиновой маской на лице. Костюм лавсановый, резиновый фартук.

Первая помощь: при попадании на тело человека кислоты необходимо быстро обтереть пораженное место сухой тряпкой, смыть сильной струей воды или раствором соды и обратиться в здравпункт.

Электрический ток.

Поражение электрическим током в электролизном отделении возможно при обслуживании электролизеров, мостовых кранов с электрическим приводом.

Поражение электрическим током подразделяется на электрический удар, термический ожог, металлизацию кожи.

Наибольшую опасность представляет электрический удар. Степень опасности электрического удара зависит от силы тока, прошедшего через человека. Поражение током наступает в случае, если человеческое тело окажется под напряжением, допускающим прохождение через организм человека переменного тока силой более $0,01 \text{ А}$ или постоянного тока более $0,05 \text{ А}$.

Ток свыше $0,1 \text{ А}$ смертелен для человека. Узлы электролизеров и конструкций должны иметь изоляцию друг от друга и от «земли», не ниже $0,5 \text{ МОм}$. Напряжение на первой и последующих электролизерах относительно «земли» должны быть равны. В случае разницы 10% от половины напряжения на серии, принимаются меры по выравниванию напряжения.

Защитой от поражения электрическим током является надежная изоляция оборудования. Во избежание поражения электрическим током необходимо следить за состоянием изоляции в корпусе электролиза.

Необходимо помнить, что хлористые соли гигроскопичны в сыром состоянии и довольно хорошо проводят электрический ток, поэтому необходимо следить, чтобы полы, стены цеха, металлоконструкции, шинопровод, электролизеры были чистыми и сухими. Не допускается проникновение подземной и ливневой воды в цех на отм. -3,1 м, и на отм. $\pm 0,0$ м. Под напряжением находится и электролит в электролизерах, поэтому при проведении работ по обслуживанию электролизеров с помощью электромостового крана последний должен иметь, в обязательном порядке, три ступени изоляции.

Все работы на трансформаторе и шинопроводе переменного тока во время сушки электролизеров должны производиться лишь после выключения трансформатора.

Избегать замыкания противоположных электролизеров и шинопроводов.

Особенно опасно замыкание при входе шинопровода в цех и выходе его из здания цеха.

Первая помощь при поражении электрическим током: немедленное освобождение от токоведущих частей. При потере дыхания необходимо сделать искусственное дыхание, обратиться в здравпункт.

Расплав солей, жидкий магний, шламо-электролитная смесь.

Расплавленный металлический магний склонен к воспламенению и горит ослепительно белым пламенем с образованием клубов дыма. При попадании на тело человека вызывает тяжелые ожоги, не заживающие длительное время.

Расплав магния хлористого, электролита, шламо-электролитная смесь при выполнении технологических операций частично гидролизуются из-за влаги воздуха в атмосфере с выделением хлористого водорода.

Нельзя допускать слива расплавов магния хлористого, электролита, шламо-электролитной смеси в сырые, грязные, не подогретые или неисправные короба.

Уровень расплава магния или расплава солей в ковше должен быть ниже верхнего края не менее чем на 200 мм или 0,8 объема. Ковш с расплавом следует устанавливать на обозначенное место платформы электрокара, транспортировать медленно.

Средства защиты: суконная спецодежда, спецобувь, войлочная шляпа, защитные очки или щиток.

Первая помощь при ожоге: наложить на место ожога стерильную повязку и отправить пострадавшего в здравпункт [37].

2.1.8 Требования к характеристикам готовой продукции

2.1.8.1 Магний-сырец

Химическая формула – Mg.

Молекулярная масса – 24,3.

Металл серебристо-белого цвета. Плотность изменяется в зависимости от температуры и составляет:

при 20 °С – 1,745 г/см³

при 650 °С – 1,572 г/см³

при 800 °С – 1,555 г/см³.

Температура плавления 651°С, температура кипения 1107 °С.

В магнии содержатся примеси железа, никеля, марганца, кремния, алюминия, азота, кислорода, калия, кальция, оксида магния, электролита, всего до 2 %.

Дисперсный магний во взвешенном состоянии взрывоопасен. Расплавленный магний пожароопасен, не токсичен. Магний-сырец транспортируется в стальных двухлеточных вакуум-ковшах, в расплавленном состоянии при температуре, обеспечивающей свободный слив расплава из ковша.

Магний-сырец используется для выплавки чушек магния металлического, в качестве магния-восстановителя при производстве губчатого титана и отливки магниевых колец, для производства магниевых порошков.

2.1.8.2 Хлор-газ

Химическая формула – Cl₂.

Молекулярная масса – 35,45.

Хлор-газ желтовато-зеленого цвета с резким удушливым запахом. Легко растворяется в воде, лучше всего при 10 °С, предельно допустимая концентрация (ПДК) – 1 мг/м³.

Температура сжижения – минус 34°С.

Температура активного взаимодействия с железом – 160 °С.

Хлор-газ, получаемый в электролизерах, содержит примеси возгона (солей электролита), кислорода, азота, всего до 10 %.

Хлор-газ от электролизеров транспортируется по хлоропроводам под разрежением, проходит очистку и компрессирование в хлорной компрессорной и далее потребителю транспортируется по напорным хлоропроводам под давлением до 1,5 кг/см².

Хлор-газ используется для хлорирования расплава в хлораторах цеха № 2 и карналлитового отделения цеха № 1, а также может подаваться в топку печи КС для создания восстановительной атмосферы печи.

2.1.9 Метрологическое обеспечение производственного процесса и качества

Система регулирования.

Температура электролита в электролизерах регулируется:

- изменением числа работающих анодов;
- изменением количества отсасываемых газов СТО;
- токосъемными шунтами на ток 10 кА.

Регулирование содержания магния хлористого, а также других компонентов электролита производится путем загрузки в электролит недостающих составляющих по пневматическому измерителю ПИУ-1000, предел измерения от 0 Па до 10 кПа, класс точности 2.5, установленного по месту.

Разряжение в хлоропроводах на концевых электролизерах регулируется с помощью задвижек, дросселей и шиберов.

Контроль технологических параметров и операций (температура, напряжение, заливка сырья и выборка металла и ШЭС) осуществляет АСУТП.

Система сигнализации.

Система сигнализации на хлорных компрессорных.

На каждой хлорной компрессорной существует световая и звуковая сигнализация аварийной остановки хлорных компрессоров.

1) превышение давления в хлорных нитках сопровождается звуковой сигнализацией.

2) превышение уровня на баках серной кислоты оповещается звуковой сигнализацией.

3) превышение ПДК хлора сопровождается световой и звуковой сигнализацией с газоанализатора «ОКА-Т-CL2», погрешность измерения 0,25 %.

Система сигнализации на наличие переменного напряжения на шинопроводе.

В щитовой электролизного отделения существует световая сигнализация попадания переменного тока на шинопровод.

В щитовой электролизного отделения находится прибор, показывающий величину переменного тока на шинопроводе.

В корпусе электролизного отделения существует звуковая сигнализация попадания переменного тока на шинопровод.

Нормативы хранения технической документации

Срок хранения нижеприведенной технической документации устанавливается:

- | | |
|---|--------|
| а) рапорт цеха № 1 и режимные карты | 1 год; |
| б) журналы анализов продукции, сырья материалов | 1 год; |
| в) журналы приема-сдачи смены | 1 год; |
| г) электронные рапорта | 5 лет |

Информация по технологическим параметрам и операциям, производимым на электролизерах, хранится на электронных носителях на сервере цеха.

Указанная документация по истечению срока действия хранится у старшего мастера электролизного отделения в специально отведенном месте и по окончании срока хранения уничтожается.

2.1.10 Контроль и приемка готовой продукции

Определение химического состава сырья, полупродуктов, материалов осуществляют в соответствии со схемой аналитического и технологического контроля продукции (материалов) по цеху № 1.

Контроль и испытания продукции.

Опробование магния-сырца осуществляют технологический персонал и контролеры отдела технического контроля, испытания и определение химического состава лаборанты центральной лаборатории в соответствии со схемой аналитического и технологического контроля продукции (материалов) по цеху № 1. Методы контроля приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Методы контроля

Наименование продукции	Показатель качества	Метод контроля	Нормативная документация на метод контроля
Магний сырец	Химический состав	Химический, спектральный	ГОСТ 851.3 ГОСТ 851.10
Хлор-газ	Концентрация	Объемный	МК3826-31/09-03 на КГА1-1

Отбор проб магния-сырца производится старшим плавильщиком электролитейного отделения. Пробы отбираются из струи металла пробоотборником и передаются в ОТК.

Отбор проб хлор-газа анодного производится лаборантом газовой лаборатории цеха №10.

Данные проведенного экспресс-анализа на концентрацию хлора заносятся в режимные карты хлорных компрессорных, прилагаемых к «Рапорту цеха №1».

Результаты замеров концентрации хлора на электролизерах записываются в журнал «Концентрация хлора» лаборанткой цеха №10. Результаты замеров концентрации хлора в рабочей напорной нитке хлорной компрессорной цеха №1 записываются дежурным хлоропроводчиком в режимные карты хлорных компрессорных.

Учет ведется в журнале «Концентрация хлора» и в режимных картах в соответствии с точками замеров.

Приемку анодного хлора используемого для хлорирования карналлита, осуществляет хлораторщик карналлитового отделения цеха № 1 путем ежечасной фиксации объема поступающего хлоргаза анодного в режимной карте карналлитового отделения [38].

2.1.11 Приемка готовой продукции

Приемка магния-сырца производится плавильщиком электролитейного отделения.

Магний-сырец, выбранный из электролизеров карналлитовой схемы питания и магний, выбранный из ПНР электролизного отделения, взвешивается на автомобильных платформенных весах «ТУЛПАР-200» и транспортируется электролизником в электролитейное отделение на электрокаре в вакуум-ковше.

С каждого ковша плавильщик электролитейного отделения отбирает пробу магния-сырца из струи при сливе его в ПНР или СМТ-1 пробоотборником. Проба отбирается в присутствии контролера ОТК.

Плавильщик передает пробу в ОТК для дальнейшей передачи её в ЦЛК. Отбор проб производится согласно «Схемы аналитического и технологического контроля продукции (материалов) по цеху № 1».

При содержании примеси никеля в магнии-сырце выше допустимого регламента по результатам экспресс-анализа, магний сырца из электролитейного отделения передается в ПНР электролизное отделение

Партией магния-сырца считается количество металла, привезенного в вакуум-ковше за один раз.

Ответственность за поставку магния-сырца с карналлитовой схемы питания в части количества и качества возлагается на мастера ОПУ и бригадира электролизников.

Магний-сырец, используемый для получения магния-восстановителя, транспортируется электролизником на электрокаре в вакуум-ковшах к кольцевой ПНР. Ответственность за поставку магний-сырца, в части количества, для получения магния-восстановителя возлагается на мастера ОПУ и бригадира электролизников. Данные по количеству поставляемого в кольцевую ПНР магния-сырца записываются в сменный рапорт ежесменно, на основании разницы между показаниями уровнемера на ПНР в начале и конце смены, после проведения операции корректировки уровня электролита, с учетом количества передаваемого магния-восстановителя в цех № 3.

Полученный хлоргаз анодный перекачивается хлорными компрессорами РЖК-1800 по трубопроводам к потребителям. Количество поступающего хлоргаза анодного в цех № 2 контролируется хлоропроводчиком цеха №1 по показаниям расходомера, и записывается в режимную карту ежечасно.

Приемка хлоргаза анодного по качеству производится по результатам химического анализа на содержание хлора, выполняемого лаборантом цеха № 10. Хлоргаз анодный должен соответствовать требованиям стандарта СТ АО 00202028-103.

Ответственность, за качество хлоргаза анодного, поставляемого в цех №2 и карналлитовое отделение цеха № 1, несет сменный мастер ОПУ.

Ответственность за правильность отбора проб и выполнение анализа несет лаборант цеха № 10 [39].

2.1.12 Упаковка, маркировка, хранение и поставка продукции

Магний-сырец транспортируется электролизником в электролитейное отделение и на кольцевую печь ПНР в двухлеточных вакуум-ковшах.

Ответственность и контроль за поставку продукции возлагается на мастеров ОПУ и контролеров ОТК.

Каждый вакуум-ковш с магнием-сырцом, передаваемый в электролитейное отделение, сопровождается накладной. Химический состав продуктов приведен в таблице 4. Режимные параметры технологического процесса – в таблице 5 [40-41].

Таблица 4 – Химический состав продуктов

Химический состав (характеристики) продуктов процесса	Единица измерения	Величина
Содержание примесей в магнии-сырце, не более:		
Ni	%	0,0015
Al		0,020
Na		0,010
P		0,010
Содержание MgCl ₂ в отработанном электролите	%	от 4,0 до 12,0
Содержание Cl ₂ в хлоргазе на выходе из электролизеров, не менее	%	90,0
Содержание Cl ₂ в хлоргазе, поставляемом потребителю, не менее	%	90,0
Содержание Cl ₂ в газах СТО, не более	мг/л	8,0
Концентрация MgCl ₂ в рабочем электролите при ведении горячего ремонта электролизера, не менее	%	4,5
Состав электролита в миксере грануляции:		
MgCl ₂ , не более	%	12,0
NaCl, не более	%	25,0
KCl, не менее	%	50,0
MgO, не более	%	0,05
Содержание MgO в ШЭС электролизеров карналлитовой и хлормагниевого схем питания	%	от 0,2 до 10

Продолжение таблицы 4

Химический состав (характеристики) продуктов процесса	Единица измерения	Величина
Состав электролита в электролизерах хлормagneйевой схемы питания: <div style="text-align: right; padding-right: 20px;"> NaCl KCl CaCl₂, не более F-ион MgCl₂, </div> в т.ч для удаления настывлей на подине электролизера	% % % % %	от 30,0 до 45,0 от 40,0 до 60,0 10,0 от 0,2 до 0,3 от 9,0 до 18,0 до 20
Состав электролита в электролизерах карналлитовой схемы питания: <div style="text-align: right; padding-right: 20px;"> MgCl₂ KCl NaCl F-ион CaCl₂ </div>	% % % % %	от 6,0 до 15,0 от 50,0 до 78,0 от 16,0 до 25,0 от 0,15 до 0,30 до 7,0
Состав электролита при переводе из одной схемы питания в другую: <div style="text-align: right; padding-right: 20px;"> MgCl₂ не более KCl NaCl F - ион CaCl₂, не более </div>	% % % % %	от 6,0 до 18,0 от 40,0 до 78,0 от 16,0 до 40,0 от 0,15 до 0,30 10,0
Состав электролита в головном миксере: <div style="text-align: right; padding-right: 20px;"> MgCl₂ NaCl KCl MgO, не более </div>	% % % %	от 9 до 18 от 30 до 50 от 40 до 65 0,1

Таблица 5 – Режимные параметры технологического процесса

Режимные параметры техпроцесса	Единица измерения	Величина
Температура электролита в миксере для промывки ковшей	°C	от 700 до 780
Температура электролита в электролизерах: а) при нормальном ходе электролизера - хлормagneйевая схема - карналлитовая схема б) при ведении горячего ремонта - хлормagneйевая схема - карналлитовая схема в) при замене анодного блока в течение 4 часов после подачи ХОВ или удалении настывлей с подины электролизера - хлормagneйевая схема - карналлитовая схема	°C °C °C °C °C °C	от 652 до 680 от 680 до 710 от 652 до 740 от 680 до 780 от 652 до 710 от 660 до 740

Продолжение таблицы 5

Режимные параметры техпроцесса	Единица измерения	Величина
Частота заливки сырья в электролизеры карналлитовой схемы питания а) основная б) корректирующая	раз в сутки	от 2 до 4 от 3 до 4
Частота заливки сырья в электролизеры хлормagneйевой схемы питания	раз в сутки	от 11 до 14
Частота удаления отработанного электролита	раз в сутки	от 2 до 4
Частота выборки магнезия	раз в сутки	от 3 до 6
Температура хлор-газа при входе в магистральный хлоропровод отделения электролиза, не выше	°С	150
Частота чистки анодного коллектора от возгонов	раз в 10 дней	от 2 до 4
Частота чистки анодных патрубков от возгонов	раз в неделю	от 2 до 4
Частота чистки рукавных фильтров	раз в месяц	от 4 до 6
Частота встряхивания рукавных фильтров	раз в месяц	от 4 до 6
Частота удаления возгонов из магистральных хлоропроводов	раз в неделю	от 1 до 3
Удельная электропроводность ХОВ	мксм/м	До 80,0
Частота удаления ШЭС из электролизеров карналлитовой схемы питания, не менее	раз в неделю	от 2 до 4
Частота удаления ШЭС из электролизеров хлормagneйевой схемы питания	раз в неделю	от 1 до 2
Норма перепада напряжения в контактах: Al-Al, не более Al-Fe, не более Cu –графит, не более Al-Cu, не более графит-графит	мВ мВ мВ мВ мВ	10,0 25,0 40,0 10,0 от 10 до 140
Периодичность замеров перепада напряжения в контактах: Al-Al Al-Fe Cu-графит Al-Cu графит-графит	раз в квартал раз в квартал раз в квартал раз в квартал раз в месяц	от 1 до 2 от 1 до 2 от 1 до 2 от 1 до 2 от 1 до 2
Разрежение в хлоропроводах на концевых электролизерах	Па	от 6 до 40
Разрежение в хлоропроводах на концевых электролизерах при ведении профилактических работ	Па	от 6 до 100
Разрежение в вакуум-линии в любой точке, не менее	кгс/см ²	- 0,6
Разрежение на газоочистку цеха № 9 на выходе из борова СТО, не менее	Па	700
Интервал между откачкой отработанного электролита и заливкой безводного карналлита, не более	мин.	15

Продолжение таблицы 5

Температура ХОВ в кессонах электролизеров а) на входе, не менее б) на выходе, не более	°С °С	+20 +105
Интервал между откачкой ШЭС и заливкой осветленного электролита, не более	мин.	15
Уровень ХОВ в барабане-сепараторе по шкале водоуказателя. а) минимальный б) максимальный	деления водоуказателя	-10 +10
Удельная электропроводность ХОВ	мксм/м	До 80,0
Параметры питательной ХОВ: а) давление б) температура в) удельная электропроводность	Кгс/см ² °С мксм/м	От 0 до 6,0 От 15 до 160 До 30,5
Технические показатели электролизера: а) сила тока б) напряжение на шунтах в) межэлектродное расстояние г) выход хлора, не менее д) выход ШЭС, не более е) выход возгонов, не более ж) выход магния по току: карналлитовая схема, не менее хлормагниева схема, не менее	кА В мм т/т кг/т кг/т % %	от 190 до 250 от 4,3 до 6,5 от 20,0 до 75,0 2,85 650,0 50,0 74,0 78,0
Технологические параметры электролизера при переводе из одной схемы питания в другую а) продолжительность перевода электролизера, из одной схемы питания в другую не более б) температура электролита	сут. °С	8 от 652 до 710
Частота отбора пробы электролита в головном миксере	раз в сутки	от 1 до 2
Температура электролита в камерах головного миксера	°С	от 700 до 800
Периодичность выборки шлама в головном миксере из: - первой камеры миксера для осветленного электролита - второй камеры миксера для осветленного электролита	раз в неделю	от 4 до 7 от 2 до 5
Режим водяного охлаждения анодных головок электролизеров: а) давление после циркуляционных насосов, не более б) давление в кессонах, не более в) температура воды, поступающей на кессоны: при температуре наружного воздуха от + 1 до + 25 при температуре наружного воздуха более + 25 при температуре наружного воздуха от 0 до – 25 при температуре наружного воздуха менее – 25	кгс/см ² кгс/см ² °С °С °С °С	5,0 5,0 от 50 до 55 от 55 до 60 не более 50 от 55 до 60

Продолжение таблицы 5

Режимные параметры техпроцесса	Единица измерения	Величина
Частота выборки ШЭС из третьей камеры головного миксера	раз в неделю	от 1 до 3
Рабочий уровень во второй камере головного миксера	см	от 160 до 210
Ток в первичной обмотке трансформатора головного миксера	А	от 250 до 660
Напряжение во вторичной обмотке трансформатора головного миксера	В	от 27 до 72
Сопротивление электроизоляции кожуха электролизеров, трубопроводов анодного, катодного и местных отсосов от земли и прилегающих строительных конструкций, не менее	МОм	0,5
Сопротивления электроизоляции шинопровода постоянного тока – от опор и земли, не менее	МОм	0,0002
Сопротивления электроизоляции рабочих площадок у электролизеров – от рядом расположенных электролизеров и земли, не менее	МОм	0,05
Сопротивления электроизоляции полов стен, колон корпуса и подвала – от земли, не менее	МОм	0,5
Сопротивления электроизоляции частей трубопроводов от земли, между собой, не менее	МОм	0,5
Сопротивления электроизоляции строительных конструкций, разделенных электроизоляционными швами между собой, не менее	МОм	0,5
Сопротивления электроизоляции части трубопроводов по отношению к электролизерам, не менее	МОм	0,5
Сопротивления электроизоляции патрубков приточной вентиляции и их регулирующих устройств от земли, от основного воздуховода и конструкций электролизера, не менее	МОм	0,5
Сопротивления электроизоляции шинопроводов трансформаторов для сушки электролизеров от земли, не менее	МОм	0,5
Сопротивления электроизоляции шин напряжения, кабелей и аппаратуры от каркаса, на котором установлены трансформаторы, от пола и электролизера, не менее	МОм	0,5
Сопротивления изоляции мостового электрического крана от земли и между собой, не менее	МОм	0,5

2.2 Производство магния-восстановителя

2.2.1 Нормативные ссылки

Участок введен в эксплуатацию в 1984 году.

В соответствии с проектом выпускается магний-восстановитель для титанового производства, соответствующий требованиям ВТС ТМК 01 «Магний-восстановитель. следующих марок МВ-0, МВ-1, МВ-2, МВ-3.

Таблица 6 – Нормативные ссылки

ВТС ТМК 01	Магний восстановитель
ГОСТ 851.3	Магний сырец
ГОСТ 1779-83	Шнуры асбестовые. Технические условия
ГОСТ 32144-2013	Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
ГОСТ 29219-91	Концентраты плавиковошпатовые кислотные и керамические. Технические условия.
ВТС ТМК-23	Магний хлористый титанового производства.
СК ТМК-22-01	Схема аналитического и технологического контроля продукции (материалов) по цеху №1
ГОСТ 742	Барий хлористый технический
ГОСТ 450	Кальций хлористый технический
ГОСТ 10157	Аргон
ГОСТ 127.1	Сера техническая

2.2.2 Требования к характеристикам сырья, основных и вспомогательных материалов

Характеристика сырья и основных технологических материалов, используемых в процессе производства продукции, приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика сырья и основных технологических материалов

Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Стандарт (национальный, межгосударственный), технические условия, регламент или стандарт АО «УТМК»	Показатели, обязательные для проверки и нормируемые значения	Краткое описание
Магний-сырец.	Химическая формула – Mg; Молекулярная масса – 24,3; Температура плавления 651 °С. Температура кипения 1107 °С; Плотность При 20 °С – 1,745 г/см ³ ; При 650 °С – 1,572 г/см ³ ; при 800 °С – 1,555 г/см ³ . Металл серебристо-белого цвета, на воздухе тускнеет. Расплавленный магний пожароопасен, не токсичен.	ГОСТ 851.3	Используется для производства магния-восстановителя и товарного магния. Транспортируется из электролизного отделения цеха № 1 в вакуум-ковшах в расплавленном состоянии
Барий хлористый	Хим. формула – BaCl ₂ ·2H ₂ O. Молекулярная масса – 244,28 Температура плавления 958 °С Плотность – 3,12 г/см ³ . Представляет собой белое, не прозрачное, гигроскопическое вещество. Токсичен. Пожаробезопасен. Взрывобезопасен.	ГОСТ 742.	Применяется для повышения плотности электролита в печи ПНР, способствует лучшему разделению магния и электролита. Транспортировка осуществляется напольным электротранспортом
Шнур асбестовый	Волокнистый эластичный материал с сердечником. Не пожароопасен, не взрывоопасен.	ГОСТ 1779	Применяется в качестве уплотнительной прокладки при соединении технологических труб вакуум-ковшей
Аргон	Химическая формула – Ar; Молекулярная масса – 39,9; Т плавления минус 189 °С; Т кипения минус 186 °С; Плотность при 20 °С 1,78 г/дм ³ . Аргон бесцветный инертный газ. Не пожароопасный, не	ГОСТ 10157	Применяется для создания инертной атмосферы, предотвращает окисление и возгорание в печи ПНР. Транспортировка

Продолжение таблицы 7

Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Стандарт (национальный, межгосударственный), технические условия, регламент или стандарт АО «УТМК»	Показатели, обязательные для проверки и нормируемые значения	Краткое описание
Аргон	взрывоопасный, не токсичный		аргона осуществляется в трубопроводах из цеха № 3
Кальций хлористый	Химическая формула – CaCl_2 . Молекулярная масса – 111,0. Температура плавления- 782 ⁰ С Температура кипения- 1600 ⁰ С. Плотность – 2,03 г/см ³ Представляет собой белый порошок в гранулах. Не токсичен. Пожаробезопасен. Взрывобезопасен	ГОСТ 450	Применяется для повышения плотности электролита в печи ПНР, способствует лучшему разделению магния и электролита. Транспортировка осуществляется напольным электротранспортом

2.2.3 Принципиальная аппаратурно-технологическая схема

Принципиальная аппаратурно-технологическая схема приведена на рисунке 10.

Приемку сырья и материалов производят плавильщики после взвешивания, результаты регистрируются в журнале приема-сдачи смены. Входной контроль сырья и материалов выполняется согласно следующих документов, разрабатываемых ежегодно в установленном порядке:

- перечня технологических материалов, подлежащих входному контролю;
- схемы аналитического и технологического контроля.

Результаты входного контроля оформляются в центральной лаборатории комбината (ЦЛК) протоколами испытаний, которые передаются в отдел технического контроля (ОТК) и в щитовую электролизного отделения



Рисунок 10 – Аппаратурно-технологическая схема производства магния-восстановителя

2.2.4 Примеси в магнии-сырце

Жидкий магний-сырец, извлеченный из электролизеров, содержит примеси, которые отрицательно влияют на свойства магния.

Неметаллические примеси – это хлориды, входящие в состав электролита магниевых электролизёров, а также окись магния, нитрид и силицид магния. Окись магния образуется при горении магния, одновременно магний взаимодействует с азотом воздуха, образуя нитрид. Силицид магния получается в результате взаимодействия жидкого магния с огнеупорными деталями электролизера.

Металлические примеси – это калий, натрий, кальций, железо, никель, марганец, алюминий, кремний, медь. Первые три металла могут выделяться при определенных условиях на катоде вместе с магнием. Железо попадает в магний при его взаимодействии с хлористым железом или при электрохимическом разложении последнего. Кроме того, железо растворяется в жидком магнии при его соприкосновении со стальными деталями аппаратов.

Магний рафинированный используется в качестве восстановителя в производстве титановой губки.

Примеси в магнии снижают его способность как восстановителя и, переходя в титановую губку, загрязняют ее. Поэтому магний-сырец очищается от примесей до содержания, регламентируемого ВТС ТМК 01 «Магний-восстановитель» [41].

2.2.4.1 Рафинирование магния-сырца в кольцевой печи непрерывного рафинирования (ПНР)

Магний-сырец, извлеченный из электролизера, содержит 2,0 % солей электролита. По содержанию других примесей (никеля, марганца, кремния, алюминия) магний-сырец отвечает требованиям ВТС ТМК 01 «Магний-восстановитель».

Растворимость железа в жидком магнии увеличивается с повышением температуры. При температуре выше 710 °С равновесное содержание железа в магнии может быть больше 0,04 %. При температуре ниже 685 °С избыток железа выделяется в твердом соединении. Таким образом, режим рафинирования сводится к поддержанию температуры магния от 685 °С до 710 °С и отделению указанных примесей отстаиванием.

2.2.4.2 Технологический процесс рафинирования магния в печи ПНР

Магний-сырец в ПНР доставляется вакуум-ковшом, установленным на электрокару. Перед сливом магния-сырца в ПНР, остатки электролита в ковше сливаются в специальный короб, после чего производится слив магния-сырца в ПНР [42].

Количество передаваемого магния-сырца в ПНР ежемесячно записывается мастером смены в «Рапорт цеха №1» и электронный рапорт АСУП.

Ковш для выборки магния имеет перерывы в работе, в промежутках между сменами от двух до шести часов. В это время внутренняя поверхность тигля ковша должна быть защищена аргоном. Операция задачи аргона производится путем подачи его из линии, через шланг и трехходовой кран в тигель ковша.

Поддержание заданного давления аргона в тигле ковша на период междусменного простоя осуществляется при помощи регулятора расхода аргона.

Для обеспечения нормальной работы вакуум-ковша, ежемесячно, перед началом закачки металла, производится операция прогрева тигля

электролитом на миксере в электролитейном отделении или на головном миксере в электролизном отделении.

Для размывки гарниссажа, тигель вакуум-ковша под вакуумом заполняется расплавом хлористого магния из ковша цеха №3, на электрокаре транспортируется в электролизное отделение и сливается в электролизеры.

Тигель вакуум-ковша должен находиться в работе не более 7-ми суток и затем выводиться на профилактику.

Минимальный уровень в ПНР, до которого разрешается закачка металла, 200 см от крышки шахты по шкале пьезометрического уровнемера.

Для определения качества металла, передаваемого цеху № 3, отбираются пробы магния согласно «Схеме аналитического и технологического контроля продукции по цеху №1».

Проба магния-восстановителя отбирается в металлический кокиль специальным пробоотборным ковшом, который устанавливается под патрубок вакуум-ковша.

Перед отбором проб плавильщик должен обработать ковш и кокили раствором борной кислоты, высушить и прогреть. Для защиты поверхности проб от окисления используется сера. После окончания операции отбора пробы, магний взвешивается и передается цеху № 3.

В процессе работы печи образуется шлам. Шлам выбирается через шахту печи пневматическим грейфером. Одновременно с выборкой шлама производится чистка электродов. Для этого поочередно открываются окна в своде печи, и специальной шуровкой шлам сталкивается от электродов через окна в царгах шахты в ее центр. При чистке электродов вынимаются заливочная воронка и заборная труба с целью освобождения отверстий для проверки состояния электродов. Шлам выбирается 2-3 раза в неделю.

Для корректировки расплава электролита печи ПНР используется сплав солей бария и кальция, приготавливаемый в специальном тигле, установленном в миксере для размораживания тиглей. Корректировка состава электролита в ПНР производится не менее 2 раз в месяц, после выборки ШЭС с нижней зоны ПНР.

При чистке печи со снятием настывлей и гарниссажа из неё полностью выбирают металл. Печь до максимального уровня заполняется электролитом из электролизеров и разогревается до температуры от 760 °С до 780 °С. По достижении заданной температуры в электролит вводится барботажная трубка и сжатым воздухом размывается гарниссаж. После размывки гарниссажа производится выборка густого шлама с помощью пневмогрейфера. Далее из печи вакуум-ковшом полностью откачивается электролит, сливается в головной миксер, в миксер электролитейного отделения и в специальные короба. Визуально проверяется внутренняя футеровка печи и состояние электродов.

После выполнения этих операций печь заполняется отработанным электролитом и расплавом хлористых солей кальция и бария до утвержденного уровня и разогревается до температуры 700 ÷ 750 °С. В ПНР

подается аргон и производится прием металла. В период чистки ПНР подача аргона прекращается.

2.2.5 Режимные параметры технологического процесса

Режимные параметры технологического процесса приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Режимные параметры технологического процесса

Наименование технологического параметра	Единица измерения	Величина
Температура электролита	°С	от 700 до 750
Температура металла	°С	от 685 до 710
Состав рабочего электролита:		
- хлористый барий	%	от 1,5 до 6,0
- хлористый кальций	%	от 2,0 до 8,0
- фтор-ион	%	от 0,2 до 0,4
- хлористый магний	%	от 8,0 до 20,0
- хлористый натрий	%	от 15,0 до 32,0
- хлористый калий	%	от 40,0 до 70,0
- оксид магния, не более	%	1,5
Содержание кислорода в подводящем пространстве, не более	%	2,0
Температура контактной части электродов, не более	°С	100
Ток в первичной обмотке трансформатора ОСЗ-250	А	от 250 до 450
Уровень металла в ПНР	см	от 140 до 220
Разрежение в системе вакуума	кгс/см ²	от - 0,7 до - 0,9
Выборка шлама	раз в неделю	2
Корректировка состава расплава, не менее	раз в месяц	2
Полная чистка печи с откачкой магния и расплава	раз в год	от 1 до 6
Время расслоения (отстоя) магния и электролита после заливки ковша в ПНР, не менее	минут	15

2.2.6 Приемка сырья и сдача готовой продукции

Приемка магния-сырца

Магний-сырец, предназначенный для получения магния-восстановителя, выбирается вакуум-ковшом из электролизеров не зависимо от схемы питания. Наполненный магнием-сырцом вакуум-ковш транспортируется на электрокаре к ПНР и сливается в нее. Количество магния слитого в ПНР за одну смену определяется по разнице делений уровнемера, в начале и в конце смены, после проведения операции

корректировки уровня электролита, с учетом магния-восстановителя отправленного в цех № 3. Количество выбранного металла за смену записывается мастером смены в «Рапорте цеха № 1» [43].

Передача магния-восстановителя в цех № 3.

Через заборную трубу ПНР ковш заполняется рафинированным магнием где. По окончании забора рафинированного магния из ПНР, пространство в ковше над магнием заполняется аргоном. Для слива магния из сливного патрубка, ковш приподнимается на несколько сантиметров над заборной трубой печи, чтобы снять разрежение в системе. Затем ковш поднимается и перемещается в сторону таким образом, чтобы сливной патрубок оказался над коробом, установленным на площадке, рядом с заборной трубой печи. После этого, плавильщик очищает скребком патрубок ковша от оксидов магния, удаляет с заборной трубы шнуровой асбест, затем прочищает стакан трубы скребком, от образовавшихся в ней оксидов магния.

Ковш с магнием транспортируется на электрокаре в цех №3. В цехе №3 производится 10 минутный отстой магния в ковше, после чего производится контрольный слив в специальный короб через заборный патрубок пробной порции магния, для определения в нём наличия электролита.

После отбора пробы, магний по весу передаётся цеху №3. Партией считается один ковш магния-восстановителя.

Каждый ковш сопровождается паспортом на магний восстановитель и накладной. Сортность магния восстановителя должна соответствовать требованиям ВТС ТМК 01

2.2.7 Требования безопасности, характеристика опасных, вредных веществ и защита от них

Хлор (Cl₂)

Хлор получается в процессе производства магния – сырца и выделяется из неплотностей электролизера, хлорных компрессорных, хлорных коммуникаций.

Хлор – газ желтовато-зеленого цвета с резким удушающим запахом. Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 1 мг/м³.

При отравлении хлор действует на дыхательные пути, вызывает сильный кашель, спазмы голосовой щели, чувство сжатия в области груди, мокроту, одышку. Наблюдается общая слабость, тошнота, рвота, жжение и царапанье в горле, насморк, чихание, слезотечение.

Меры предосторожности: систематический контроль концентрации хлора в атмосфере цеха, обеспечение необходимой герметизации оборудования и коммуникаций, обеспечение нормальной работы приточно-вытяжной вентиляции.

Средства защиты: фильтрующий противогаз марки ФК-5Б.

Первая помощь: немедленное удаление пострадавшего из загазованной зоны с освобождением от стесняющей одежды, длительное вдыхание кислорода, направить пострадавшего в здравпункт.

Хлористый водород (HCl)

Хлористый водород образуется вследствие взаимодействия хлористых солей с влагой присутствующей в воздухе окружающей среды.

Бесцветный газ, предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 5 мг/м³.

Действует на дыхательные пути: наблюдается кашель, чувство стеснения и сжатия в груди, першение в горле и хрипота, одышка. В дальнейшем может возникнуть бронхит и отек легких.

Меры предосторожности: систематический контроль концентрации хлористого водорода в атмосфере цеха, обеспечение необходимой герметизации оборудования и нормальной работы приточно-вытяжной вентиляции.

Средства защиты: фильтрующий противогаз марки ФК-5Б.

Электрический ток

Поражение электрическим током возможно при обслуживании электродов ПНР, мостовых кранов с электрическим приводом.

Поражение электрическим током подразделяется на электрический удар, термический ожог, металлизацию кожи.

Наибольшую опасность представляет электрический удар. Степень опасности электрического удара зависит от силы тока, прошедшего через человека. Поражение током наступает в случае, если человеческое тело окажется под напряжением, допускающим прохождение через организм человека переменного тока силой 0,01 А и выше или постоянного тока 0,05 А и выше.

Ток силой 0,1 А и выше смертелен для человека. Защитой от поражения электрическим током является надежная изоляция оборудования.

Первая помощь при поражении электрическим током: немедленное освобождение от токоведущих частей. Если пострадавший находится на высоте, то отключение установки и тем самым освобождение от тока может вызвать его падение. В этом случае необходимо принять меры, предупреждающие падение пострадавшего или обеспечивающие его безопасность. При потере дыхания необходимо сделать искусственное дыхание, обратиться в здравпункт.

Расплав солей, жидкий магний, шламо-электролитная смесь

Расплавленный металлический магний склонен к воспламенению и горит ослепительно белым пламенем с образованием клубов дыма, причем при горении развивается высокая температура. При попадании на тело человека вызывает тяжелые ожоги, не заживающие длительное время.

Расплав хлористого магния, электролита, шламо-электролитная смеси при выполнении технологических операций частично гидролизуются из-за влаги воздуха в атмосфере с выделением хлористого водорода.

Нельзя допускать слива расплавов хлористого магния, электролита, шламо-электролитной смеси в сырые, грязные, не подогретые или неисправные короба.

Уровень расплава магния или расплава солей в ковше должен быть ниже верхнего края не менее чем на 200 мм или 0,8 объема.

Ковш с расплавом следует устанавливать на обозначенное место платформы электрокара, транспортировать медленно и с закрытой крышкой.

Средства защиты: суконная спецодежда, спецобувь, войлочная шляпа, защитные очки или щиток.

Первая помощь при ожоге: промыть место ожога большим количеством воды, наложить на место ожога стерильную повязку и отправить пострадавшего в здравпункт.

2.2.8 Требования к характеристикам продукции

Магний-восстановитель выпускается четырех марок МВ-0, МВ-1, МВ-2, МВ-3. Магний-восстановитель используется при производстве губчатого титана.

Химический состав магния-восстановителя должен соответствовать требованиям ВТС ТМК 01Магний-восстановитель. Данные приведены в таблице 9 [44].

Таблица 9 – Химический состав магний-восстановителя

Марка	Химический состав, %				
	Магний	Массовая доля примесей, не более			
		железо	хлор	азот	кремний
МВ-0	основа	0,03	0,005	0,001	0,003
МВ-1	основа	0,04	0,010	0,003	0,004
МВ-2	основа	0,05	0,050	0,005	0,005
МВ-3	не менее 99,0 %	не регламентируется			

2.2.9 Метрологическое обеспечение производственного процесса и качества продукции

2.2.9.1 Методы и средства контроля

Уровень в кольцевой печи непрерывного рафинирования измеряется пневматическим измерителем веса ПИВ-2500, предел измерения от 0 кПа до 25 кПа (возможна также шкала во внесистемных единицах от 0 мм вод.ст. до 2500 мм вод. ст.), класс точности 2.5 и через преобразователь избыточного давления, предел измерения от 0 кПа до 25 кПа (возможна также шкала во внесистемных единицах от 0 мм вод.ст. до 2500 мм вод. ст.), класс точности

0.5, с выходом на электронный регистратор РМТ-69L, шкала от 0 % до 100 %, класс точности 0.25, установленный в щитовой ПНР-2 с выводом на АСУ ТП [45].

Давление аргона в трубопроводе контролируется манометром предел измерения от 0 кгс/см² до 1,6 кгс/см², класс точности 2.5.

Температура металла и электролита измеряется термопарами ТХА2388, гр. ХА, предел измерения до 800 °С, погрешность ±6 °С в комплекте с преобразователем Ш-72, предел измерений до 800 °С гр. ХА, класс точности 0.5. Далее сигнал поступает на электронный регистратор РМТ-69L, класс точности 0.25, шкала от 0 °С до 800 °С, установленный в щитовой ПНР-2 с выводом в АСУТП.

Температура электродов в кольцевой печи непрерывного рафинирования контролируется термопарами ТХК2388, гр. ХК, предел измерения от 0 °С до 300 °С, погрешность измерений ±2.4 °С с выходом на электронный регистратор РМТ-69L, класс точности 0.25, шкала от 0 °С до 300 °С, установленный в щитовой ПНР-2 с выводом в АСУТП.

Напряжение на трансформаторах ОСЗ-250 контролируется вольтметром, предел измерения от 0 В до 100 В, класс точности 2.5.

Сила тока на трансформаторах ОСЗ-250 контролируется амперметром, предел измерения от 0 А до 600 А через трансформатор тока ТТ 600/5 А, предел измерения от 0 А до 800 А через трансформатор тока ТТ 800/5 А, класс точности 1.5.

Расход аргона, поступающего в ПНР-2, контролируется ротаметром РМ-0,63 ГУЗ, индикатор, установлен по месту. Расходомерная диафрагма с преобразователем разности давления, пределом 6,3 кПа (возможна также шкала во внесистемных единицах от 0 мм вод.ст. до 630 мм вод. ст.), с дальнейшим выводом показаний на электронный регистратор РМТ-69L, класс точности 0.25, шкала от 0 % до 100 %, установленным в щитовой ПНР-2 с выводом данных в АСУТП.

Подача аргона в вакуум-ковш контролируется прибором GALLUS-2000 либо Гобой.

Расход аргона в тигель ковша задается и контролируется по месту регулятором расхода РМА – 1, класс индикаторов.

2.2.9.2 Метрологические характеристики средств измерений

Метрологические характеристики средств измерений приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Метрологические характеристики средств измерений

Контролируемый параметр	Средство измерений	Диапазон измерений	Класс точности прибора
Уровень печи непрерывного рафинирования	Пневматический измеритель веса ПИВ-2500	от 0 кПа до 25 кПа (возможна также шкала во внесистемных единицах от 0 мм вод.ст. до 2500 мм вод. ст.) от 0 % до 100 %	2.5 0.25
	Электронный регистратор РМТ-69L От преобразователя давления	от 0 кПа до 25 кПа (возможна также шкала во внесистемных единицах от 0 мм вод.ст. до 2500 мм вод. ст.)	0.5
Давление аргона в трубопроводе	Манометр	от 0 кг/см ² до 1,6 кг/см ²	2.5
Температура металла и электролита в ПНР	Термопара ТХА2388, гр. ХА	от 0 °С до 800 °С	Допустимая погрешность ±6 °С
	Электронный регистратор РМТ-69L, гр. ХА Преобразователь Ш-72, гр. ХА	от 0 °С до 800 °С от 0 °С до 800 °С	0.25 0.5
Температура электродов в печи непрерывного рафинирования	Термопара ТХА2388, гр. ХК	от 0 °С до 300 °С	Допустимая погрешность ±4 °С
	Электронный регистратор РМТ-69L, гр. ХК	от 0 °С до 300 °С	0,25
Напряжение на трансформаторах ОС3-250	Вольтметр Э377, Э365, Э4204, М42300	от 0 В до 100 В	от 1.5 до 2.5
Сила тока на трансформаторах ОС3-250	Амперметр Э377, Э365 через трансформатор тока ТТ600/5 А	от 0 А до 600 А	1.5
	Амперметр ЭА0700 через трансформатор тока ТТ800/5 А	от 0 А до 800 А	1.5

Продолжение таблицы 10

Контролируемый параметр	Средство измерений	Диапазон измерений	Класс точности прибора
Подача аргона в вакуум-ковш	Прибор GALLUS-2000 Прибор Гобой	от 0,02 м ³ /ч до 6,0 м ³ /ч от 0,02 м ³ /ч до 65 м ³ /ч	1.0
Расход аргона поступающего в ПНР	Электронный регистратор РМТ-69L, гр. ХК	от 0 % до 100%	0.25
	Преобразователь давления.	от 0 кПа до 6,3 кПа (возможна также шкала во внесистемных единицах от 0 мм вод.ст. до 630 мм вод. ст.)	0.5
	Контроль по месту. Ротаметром РМ-0,63ГУЗ	от 0 кПа до 6,3 кПа (возможна также шкала во внесистемных единицах от 0 мм вод.ст. до 630 мм вод. ст.)	класс индикаторов

2.2.9.3 Система сигнализации

Световая сигнализация

При достижении максимального уровня расплава в вакуум-ковше загорается сигнальная лампочка электроконтактного уровнемера.

2.2.9.4 Технологический контроль

Два раза в смену контролёром ОТК по данным компьютера производится проверка режимных параметров печи:

- уровень металла;
- температура металла;
- температура электролита.

Приём вакуум-ковша после его ремонта производится контролёром ОТК путем визуального осмотра. Технологический контроль материалов и выполняемых операций осуществляется согласно «Схемы аналитического и технологического контроля продукции по цеху № 1», пересматриваемой и утверждаемой в установленном порядке.

2.2.9.5 Нормативы хранения технической документации

Срок хранения нижеприведенной технической документации устанавливается:

- | | |
|-------------------------------|--------|
| а) режимные карты | 1 год; |
| б) журналы анализов | 1 год; |
| в) журналы приема-сдачи смены | 1 год; |
| г) электронные рапорта | 5 лет. |

Указанная документация хранится у старшего мастера электролизного отделения в специально отведенном месте и по окончании срока хранения уничтожается. Электронные рапорта хранятся в сервере цеха.

2.2.9.6 Схема технологического контроля газов и санитарных анализов

Технологический контроль газов и санитарные анализы воздуха рабочей зоны по цеху №1, производится в испытательной лабораторий УКК, согласно утвержденному план-графику газоаналитического контроля отбора проб воздуха рабочей зоны производственных помещений АО «УК ТМК».

2.2.10 Контроль продуктов производства

Ответственность за осуществление контроля и испытания продукции возложена на контролеров ОТК и лаборантов центральной лаборатории.

Магний-восстановитель должен соответствовать требованиям ВТС ТМК 01магний восстановитель. Для определения качества магния-восстановителя отбираются пробы из каждого вакуум-ковша, поступающего в цех № 3. Пробы магния-восстановителя, согласно схеме аналитического и технологического контроля по цеху № 1, отбирает печевой отделения восстановления цеха № 3 и передает в ОТК для дальнейшей передачи в ЦЛК. Проба магния-восстановителя должна быть снабжена этикеткой, содержащей:

- наименование продукта;
- номер цеха;
- номер пробы;
- номер процесса;
- дату отбора пробы;
- номер смены
- позиция схемы контроля;
- роспись печевого цеха № 3.

Химанализ проб выполняется в ЦЛК. Полученные результаты передаются в ОТК, сменному мастеру и заносятся мастером в журнал анализов.

Для определения качества магния-восстановителя проба отбирается с каждого ковша. Результаты анализов являются основанием для присвоения сортности и выдачи документа о качестве. Первичным документом о качестве является протокол испытания. При получении неудовлетворительных результатов хотя бы по одному из компонентов проводится контрольный анализ пробы, отобранной повторно из слитков. Результаты повторного анализа являются окончательными. В случае неудовлетворительных химических анализов, ОТК уведомляет в установленном порядке Цеха №№ 1, 3 для принятия корректирующих мероприятий.

2.2.10.1 Отбор проб рабочего электролита с ПНР

Отбор проб рабочего электролита с ПНР производится два раза в неделю плавильщиком ПНР, согласно схеме аналитического и технологического контроля по цеху № 1. После корректировки уровня электролита в ПНР излишки электролита сдавливаются с вакуум ковша в короб. Плавильщик отбирает пробу специальным пробоотборником, который он подставляет под струю электролита. Застывший электролит на пробоотборнике стряхивает в специальную емкость и передаёт пробу в ОТК.

2.2.10.2 Отбор проб шлама с ПНР

Отбор проб шлама с ПНР производится два раза в неделю. При выборке шлама грейфером из ПНР, производится отбор пробы шлама. Для этого плавильщик погружает специальный пробоотборник в короб со шламом, а затем застывший шлак на пробоотборнике стряхивает в специальную емкость и передаёт пробу в ОТК.

Анализ и полученные результаты ОТК. Результаты замеров магний сырца и выхода магния по току статистика приведена в таблице 11.

Таблица 11 – показатели содержания примесей к плану и факту выхода магния по току

Дата отбора проб	План производства (выхода по току), тн	Фактические показатели (выхода по току), тн	Содержание примесей, %		Сила тока, А
			титан	железо	
14.09.2020 г.	22,79	19,5	0,0034	0,0049	202,0
15.09.2020 г.	22,79	21,5	0,0030	0,0039	201,9

Продолжение таблицы 11

Дата отбора проб	План производства (выхода по току), тн	Фактические показатели (выхода по току), тн	Содержание примесей. %		Сила тока, А
			титан	железо	
16.09.2020 г.	22,79	21,6	0,0029	0,0042	202,0
17.09.2020 г.	22,79	21,4	0,0032	0,005	200,3
18.09.2020 г.	22,79	22,7	0,0034	0,0046	201,2
19.09.2020 г.	22,79	22,2	0,0027	0,0043	202,3
20.09.2020 г.	22,85	22,5	0,0028	0,0035	202,1
21.09.2020 г.	22,85	20,2	0,003	0,005	199,3
22.09.2020 г.	22,85	21,6	0,0033	0,0040	202,1
23.09.2020 г.	22,85	22,8	0,0024	0,0033	202,1
24.09.2020 г.	22,85	22,0	0,0021	0,0033	202,0
25.09.2020 г.	22,85	24,6	0,0027	0,0034	202,0
26.09.2020 г.	22,85	23,1	0,002	0,003	201,2

2.2.11 Методика выполнения измерений «Магний хлористый. Метод определения титана и железа»

Методика выполнения измерений (МВИ) устанавливает спектральный эмиссионный метод измерения массовых долей:

- титана от 0,0020 % до 0,015 %
- железа от 0,0030 % до 0,015 % в магнии хлористом.

Содержание титана, железа нормируется СТ АО 00202028-126-2008 «Производство губчатого титана. Магний хлористый. Технические условия».

МВИ применяется при испытаниях качества магния хлористого на соответствие СТ АО 00202028-126-2008 «Производство губчатого титана. Магний хлористый. Технические условия» в условиях АО «УКТМК».

Настоящая методика аттестована в соответствии с требованиями СТ РК 2.18.

2.2.11.1 Приписанные характеристики погрешности измерений

Значения приписанных характеристик погрешности – показателей качества МВИ.

Все характеристики установлены при доверительной вероятности $P=0,95$ (в условиях внутри лабораторной прецизионности).

Показатели качества МВИ для стандартных образцов состава магния металлического указаны в таблице 12.

Таблица 12- Показатели для стандартов образцов состава магния

Определяемый элемент	Массовая доля	Предел повторяемости, г	Предел внутри-лабораторной прецизионности, R_L	Показатель точности, $\pm D_L^*$
Титан	От 0,0020 до 0,0050 включ.	0,0013	0,0019	0,0013
	Св. 0,0050 «0,0150»	0,0015	0,0021	0,0015
Железо	От 0,0030 до 0,0050 включ.	0,0014	0,0020	0,0014
	Св. 0,0050 «0,0150»	0,0015	0,0021	0,0015
* соответствует расширенной неопределенности результата измерения U при коэффициенте охвата $k=2$ и доверительной вероятности, примерно, 0,95.				

2.2.11.2 Метод измерений и его средства

Спектральный эмиссионный метод основан на возбуждении атомов элементов в дуге переменного тока, разложении излучения в спектр, регистрации электрических сигналов, пропорциональных интенсивностям аналитических линий и определении массовых долей примесей по градуировочным графикам.

Средства измерений, вспомогательные устройства, посуда, реактивы, материалы:

Спектрограф ИСП-30 в комплекте с многоканальным анализатором атомно-эмиссионных спектров МАЭС.

Стандартные образцы предприятия СОП 48-3826-06/1-00, СОП 48-3826-06/1-00, СОП 48-3826-30/1-98, СОП 48-3826-30/2-98, СОП 48-3826-30/3-98 состава магния металлического.

Стандартный образец предприятия СОП 48-3826-02-07 состава магния хлористого.

Станок для заточки графитовых электродов.

Станок для заточки металлических электродов.

Эксикатор 2-190 по ГОСТ 25336-82.

Пинцет по ГОСТ 212и1.

Пластинка стеклянная 6x9 мм по ТУ 6-43-00205133-54-93.

Угли графитовые спектральные по ТУ – 3497-001-51046673-2003, осч, диаметр 6 мм.

Калька бумажная.

Вата по ГОСТ 5556.

Допускается применять другие средства измерений, вспомогательные устройства, посуду, реактивы, материалы, обеспечивающие метрологические характеристики результатов анализа, нормированные в данной МВИ.

К выполнению измерений и обработке их результатов допускают лиц, имеющих квалификацию лаборанта спектрального анализа не ниже 3 разряда.

Условия измерений.

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

– температура окружающей среды (22 ± 2) °С.

Подготовка к выполнению измерений

Подготовка СОП состава магния металлического

Торцы металлических электродов затачивают на токарном станке на плоскость. Заточку электродов производят согласно инструкции по эксплуатации ИЭ 3826-31/06-07-08 п. 3.8. Выполняют по одному измерению с каждого торца электрода.

Набивку пробы (СОП) состава магния хлористого в кратер графитового электрода проводят на стеклянной пластинке, покрытой калькой. Пробу (СОП) плотно набивают в кратер графитового электрода (диаметр кратера 4 мм, глубина кратера 4 мм, боковое отверстие в кратере 1 мм) путем погружения электрода в пробу (СОП). Набивку кратера графитового электрода производят перед выполнением измерений, исключая увлажнение пробы, СОП. Готовят по три электрода на каждую пробу (СОП).

В качестве верхнего противоэлектрода используют графитовый электрод, заточенный на конус с углом при вершине 60° и площадкой при вершине 1 мм.

Выполнение измерений

Для возбуждения атомов определяемых примесей используют дугу переменного тока $(4,0 \pm 0,2)$ А, межэлектродный промежуток устанавливают по методу теневой проекции или по шаблону $(2 \pm 0,2)$ мм.

Время экспозиции для СОП состава магния металлического – 35 сек, для рабочих проб и СОП состава магния хлористого – 25 сек. Ширину щели и форму диафрагмы выбирают в зависимости от чувствительности фотодиодов. Длины волн аналитических линий и линий сравнения указаны в таблице 13.

Таблица 13 – Длины волн аналитических линий и линий сравнения в нанометрах

Определяемый элемент	Длина волны, nm	
	Аналитической линии	Линия сравнения
Титан	334,90	фон
Железо	302,06	фон
Никель	342,47	фон

Допускается использование других аналитических линий определяемых элементов и линий сравнения при условии обеспечения погрешности результатов анализа, нормированные данной МВИ.

Вычисление результатов измерений.

Результаты измерений СОП и проб вычисляет аналитическая программа АТОМ (Магний хлористый – Ti, Fe).

Градуировочные графики строят по стандартным образцам предприятия (СОП) состава магния металлического. Для определения титана в магнии хлористом используют аналитическую линию никеля в магнии металлическом.

Результаты анализа выписывают с числом значащих цифр, указанных в таблице 13.

Контроль точности результатов измерений.

Контроль точности результатов измерений осуществляют путем внутрилабораторного оперативного контроля (ОК) показателей качества результатов анализа. Повторяемость, внутри лабораторная прецизионность на рабочих пробах, точность по СОП.

Оперативный контроль повторяемости проводят сравнением расхождения n результатов параллельных определений r_k при измерении пробы (СОП) с нормативом оперативного контроля – пределом повторяемости r .

Контроль повторяемости проводят при получении каждого результата анализа.

Повторяемость результатов параллельных определений признают удовлетворительной, если

$$r_k = (X_{\max} - X_{\min}) \leq r, \quad (5)$$

где X_{\max} – максимальный результат из n параллельных определений;

X_{\min} – минимальный результат из n параллельных определений;

r - предел повторяемости (таблица 12).

Оперативный контроль внутрилабораторной прецизионности проводят сравнением расхождения R_k двух результатов анализа одной и той же пробы (СОП) полученных в различных условиях, с нормативом оперативного контроля – пределом внутри лабораторной прецизионности R_l .

Контроль внутри лабораторной прецизионности проводят не реже 1 раза в месяц.

Внутри лабораторную прецизионность контрольных измерений признают удовлетворительной, если

$$R_k = |X_1 - X_2| \leq R_l, \quad (6)$$

где X_1 - результат первичного анализа;

X_2 - результат повторного анализа.

Rл - предел внутри лабораторной прецизионности

Оперативный контроль точности

Оперативный контроль точности проводят по СОП состава магния хлористого.

Контроль точности проводят не реже 1 раза в месяц.

Показатель точности рассчитывают по формуле

$$E \leq \sqrt{0,5R_e^2} + \Delta_{ат}^2, \quad (7)$$

где К – разность между аттестованным значением элемента в СОП и полученным значением, %;

Дат – погрешность аттестованного значения СОП, %.

При превышении показателей качества результатов анализа (повторяемости, внутри-лабораторной прецизионности, точности) анализ повторяют. Методы контроля продукции приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Методы контроля продукции

Вид продукта	Показатель качества	Метод контроля	Нормативная документация на методы контроля
Магний-восстановитель	Химический состав	Химический Спектральный	Утвержденные документации испытательной лаборатории

2.2.12 Приемка готовой продукции

Приемка магния-восстановителя производится старшим печевым цеха № 3 после взвешивания. Партией считается один ковш магния-восстановителя. Результаты приемки регистрируются мастером рапорте.

При приемке магния-восстановителя в цехе № 3, печевым участка восстановления цеха № 3 производится отбор пробы, согласно «Схеме аналитического и технологического контроля продукции по цеху № 1», в присутствии плавильщика цеха № 1 и контролера ОТК. Перед тем как отобрать пробу, плавильщик производит контрольный слив металла из ковша в специальную ёмкость. Контрольный слив производится через заборный патрубок и ведётся до появления чистого магния. Пробы отбираются в кокили специальным ковшом, который устанавливается под заборный патрубок вакуум-ковша с магнием. Заполнение пробоотборного ковша, слив для проверки на отсутствие электролита должны производиться над сухим и чистым коробом.

На каждый ковш оформляется паспорт на магний-восстановитель, в котором указывается:

- наименование продукта;
- порядковый номер ковша (в смену);
- число, месяц, год;
- регистрационный номер ковша;
- номер пробы;
- химический состав (Fe, Si, Cl₂, N₂);
- время заливки;
- номер процесса восстановления;
- Ф.И.О. роспись печевого цеха №3 и плавильщика цеха № 1;
- Ф.И.О. контролера ОТК, роспись.

Каждый вакуум-ковш с магнием-восстановителем сопровождается накладной, в которой указывается:

- наименование продукта;
- порядковый номер ковша;
- масса продукта;
- дата, номер смены;
- Ф.И.О. и подпись передающего и принимающего мастеров смены цеха № 1 и цеха № 3.

2.2.13 Упаковка, маркировка, хранение и поставка продукции

Магний-восстановитель транспортируется плавильщиком в цех №3 в вакуум ковше в расплавленном виде при температуре, обеспечивающей свободный слив его из ковша. Донные остатки ковша сливаются в ПНР один раз в смену, перед длительным простоем ковша. При ухудшении качества магния-восстановителя донные остатки сливать с каждого ковша. Ответственность и контроль за поставку продукции в соответствии с ВТС ТМК 01 возложена на мастеров ОПУ, старшего мастера электролизного отделения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Снижение выхода по току для магния так ли иначе связано с потерями магния. Поэтому факторы, влияющие на выход по току, являются причинами тех или иных потерь магния в процессе электролиза. Примеси, содержащиеся в электролите, оказывают существенное влияние на выход по току.

Механизм потерь магния при электролизе непосредственно связан с выбором рационального состава электролита. По данным заводской практики, катодный выход по току может колебаться в пределах 70-90 %.

Анализируя практику исследования на производстве АО «УКТМК» по цехам № 1 и № 2 было изучено влияние примесей Fe и Ti на выход магния по току и сделаны следующие выводы:

1) В электролизерах с боковым вводом анодов железо попадает в электролит в результате анодного растворения чугунного контакта. Соли железа относятся к числу вредных примесей в электролите. С повышением содержания железа от 0,04 до 0,1 % выход по току снижается от 80 % до нуля. Отрицательное влияние солей железа на процесс электролиза проявляется различным образом. Губчатое железо образуется на каплях магния, реагирующего с солями железа из электролита. Будучи тяжелее магния, железо увлекает его на дно электролизера, в шлам. Этим обуславливается потеря части выделившегося магния и соответственно понижение выхода по току.

2) Трехвалентное железо восстанавливается на катоде до двухвалентного. Двухвалентное железо диффундирует к аноду, на котором оно снова окисляется.

3) Попеременное восстановление и окисление железа приводит к дополнительному расходу тока и, соответственно, к уменьшению выхода по току.

4) Для снижения вредного влияния солей железа следует применять по возможности свободное от соединений железа сырье.

5) В электролизерах с боковым вводом анодов необходимо принимать меры, предотвращающие возможность проникновения электролита к чугунному контакту. Проникновение железа в электролит при анодном растворении чугунных заливок является главным недостатком ванн с боковым вводом.

6) При содержании в хлористом магнии 0,005 - 0,008 % титана, вредного влияния эта примесь не оказывает, а при увеличении содержания выход по току снижается. Так повышение концентрации титана до 0,03 - 0,05 % приводит к снижению выхода магния по току на 5 – 8 %. Анализ экспериментальных данных на производстве приводит к выводу, что механизм негативного влияния металлического титана на процесс электролиза заключается в образовании пористой пленки на поверхности стальных катодов. Наличие пленки ухудшает смачиваемость катода магнием, снижает скорость укрупнения капель магния и их отделения от подложки.

7) Особенно вредны примеси низших хлоридов титана, вызывающие кипение электролита с образованием пены, нарушение технологического режима и снижение выхода магния по току на 10 – 17 %. Таким образом, содержание титана в хлористом магнии, получаемом при магниитермическом способе производства титана, не должно превышать 0,005 - 0,008 %.

Хлорид магния титанового производства является лучшим сырьем для электролитического производства магния. Низкое содержание влаги и оксида магния в исходном сырье обеспечивает высокий выход магния по току (88 – 90 %) и незначительное образование шлама. Восстановление титана из его тетрахлорида металлическим магнием является основным способом получения титановой губки.

Механизм влияния примесей на электролиз, а значит и на выход по току, зависит не только от индивидуального влияния вредных примесей, но и от их совместного поведения в электролите магниевого электролизера, что доказано научно и требует дальнейшего изучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сейдалы А.С. Минерально-сырьевая база титано-магниевого сектора Казахстана // Горный журнал Казахстана. — № 5., 2001. — С. 2-4.
- 2 Салтыков П.А. Технологический регламент для разработки проекта «Новая металлургия» Усть-Каменогорского Металлургического Комплекса / П. Салтыков – Германия: «ENGINEERING DOBERSEK GmbH Мёнхенгладбах», 2007 год. – 356 с.
- 3 Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы.
- 4 <https://www.uktmp.kz/>
- 5 <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%81%D1%82%D1%8C-%>
- 6 Худайбергенов Т.Е. Металлургия легких металлов. Учебник – Алматы, 2001.
- 7 Марченко Н.В. Металлургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс] / – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. - 416 с.
- 8 Москвитин В.И. Металлургия легких металлов: учеб. для вузов / В. И. Москвитин, И. В. Николаев, Б. А. Фомин . - М.: Интермет Инжиниринг, 2005. - 413 с.
- 9 Metal Bulletin, 2002, №8646, p. 9.
- 10 Magnesium Monthly Review, 2000, v.29, №2, p. 3-7.
- 11 Уткин Н.И. Производство цветных металлов. – 2-е изд. – М.: Интермет Инжиниринг, 2004. – 442 с.
- 12 Ищенко А.А. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. В 2-х томах М: Издательский центр «Академия» с.450
- 13 <https://studizba.com/lectures/107-himija/1453-jelektrohimiya/26928-6-teoreoicheskie-osnovy-jelektroliticheskogo-polucheniya-magnija.html>
- 14 Бачурский, Д.В. Экспериментальное изучение влияния влажности воздуха на осаждение частиц оксида магния и соосаждение соединений титана в расплавленном хлориде магния / Д.В. Бачурский, Н.П. Криворучко, И.Ф. Червоный // Металлургия. Збірник наукових праць / Відп. редактори Колесник М.Ф., Колобов Г.О. Запоріжжя: ЗДІА, 2008. - Вип. №17. – С. 52-59.
- 15 Криворучко, Н.П. Исследование осаждения соединений титана в солевых расплавах, используемых при электролитическом производстве магния // Титан-2010: производство и применение / Н.П. Криворучко, Д.В. Бачурский, Д.М. Хабров, Е.А. Матвеев, Е.П. Щербань, И.Ф. Червоный // Сборник тезисов докладов второй научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, Запорожье, 1-2 декабря 2010 г. / Редкол.: Ю.Н. Внуков (отв. ред.) и др. – Запорожье: АА Тандем, 2010. – С. 50-52.
- 16 Червоный И.Ф. Интенсификация электролитического производства магния / Червоный И.Ф., Бачурский Д.В. // Теория и практика металлургии, 2011. – № 3-4. – С. 83-86.
- 17 Криворучко, Н.П. Температурный режим поточной линии электролиза магния титанового производства / Н.П. Криворучко, Д.В.

Бачурский, И.Ф. Червоний, Д.М. Хабров, Е.А. Матвеев, Е.П. Щербань // *Металургія :Збірникнауковихпраць: Вип. № 1(26) / Головн. ред. В. І. Пожуєв. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – С. 58-61. – ISSN 2071-3789*

18 Щёголев В.И. Электролитическое получение магния. / В.И. Щёголев, О.А. Лебедев – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2002. – 368 с.

19 Трухов А. П., Маляров А. И. Литейные сплавы и плавка: учеб. для вузов. М.: Академия, 2004. 335 с.

20 Галева Э. И. Возможности атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой / Э. И. Галева, К. В. Холин, Е. С. Нефедьев // *Вестник Казанского Технологического Университета. – 2013. - №9. – С. 63-64.*

21 Воскобойников В.Г. Общая металлургия / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. – 768 с.

22 Технологический регламент «Производство магний-сырца» ТР ТМК 22-40-Р1, 2020 г

23 Технологический регламент «Производство магния восстановителя» ТР ТМК – 22-44-Р1. 2020 {г.

24 Д. Гжезик, М.Ю. Рачков. Анализ характеристик и перспектив использования магния и магниевых сплавов // *Электрометаллургия, 2000, № 7, с. 15-19.*

25 Язев В.Д. Создание технологии и аппаратуры для обезвоживания карналлита в кипящем слое / В.Д. Язев, Е.А. Малиновская. - Березники: График», 2008. - 309 с.

26 А.Б. Безукладников, А.Н. Татакин, Г.Ю. Сандлер, А.Б. Краюхин, И.Ф. Болотова. Разработка технологии получения глубоко обезвоженного карналлита в многокамерной печ/и кипящего слоя в непрерывном режиме // *Цветные металлы, №1, 2000, с.50-52.*

27 ХЛ. Стрелец. Исследование процесса электролитического получения магния из хлоридов // *Диссертация на соискание ученой степени доктора наук, Л., 2004, 244 с.*

28 Язев В.Д. Создание электролизера для производства магния / В.Д. Язев. - Березники: Графике, 2007. - 552 с.

29 DowChemical Co. Электролитическая аппаратура для производства магния // Патент США №2468022 от 21.02.2011 г.

30 Сахаревич А. Н. Индукционные тигельные печи. Конструктивные отличия, эксплуатация // *Литье и металлургия. 2012. № 3. С. 242-245.*

31 А.Н. Татакин, А.С. Чесноков, Б.М. Шаяхметов, И.В. Забелин, Ж.О. Алибаев. Исследования на магниевых электролизерах с верхним вводом анодов с искусственным охлаждением // *Цветные металлы, 2000, №1, с. 56-58.*

32 <http://zastroykaplus.ru/metallurgiya-legkih-metallov/1211-vliyanie-sostava-elektrolita-na-rasplavlennyu-hloristyuy-magniy.html>

33 <http://zastroykaplus.ru/metallurgiya-legkih-metallov/1210-fiziko-himicheskie-svoystva-elektrolita-magnievoy-vanny.html>

34 Olivo G. Sivilotti. Способ производства металла электролизом расплавленного хлорида металла в электролизерах с рециркуляцией электролита // Патент США №4514269 от 06.08.82

35 Е.А. Мендыбаев, Г.Д. Гусейнова. Характеристика опасных, вредных веществ и защита от них на производстве магнезита-сырца // Интернаука, 2019, №11(27), с. 33-38.

36 ГОСТ 6718-93 Хлор. Технические условия.

37 ГОСТ 171401 Магний-сырец.

38 РМГ 76-2004. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа в лаборатории. - М.: Стандартинформ, 2007 г. - 86 с.

39 СТ РК 1085-2002 «Общие требования к организации и порядку проведения внутреннего и внешнего контроля качества результатов анализа материалов горно - обогатительного и металлургического производств». 2002 г.

40 Инструкция 01-04/01-72 - По отбору и подготовке проб для химического анализа и определения массовой доли влаги концентратов ТОО «Казцинк». - Введ. с 01.01.2015.

41 ГОСТ 14180-80 Руды и концентраты цветных металлов. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа и определения влаги. Переиздан январь 2000 г.

42 РМГ 54-2002. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Характеристики градуировочных средств измерений состава и свойств веществ и материалов. Методика выполнения измерений с использованием стандартных образцов. 2002 г.

43 Технологический регламент «Производство магнезита-сырца» ТР ТМК 22-40-Р1, 2020 г.

44 Рабочая инструкция электролизника расплавленных солей 2-6 разряда. РИ ТМК 22/02-004-Р1, 2020 г.

45 РМГ 43-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений». - Введ. 2003-07-01. - М.: Изд-во стандартов, 2003. - 18 с.

46 Пупышев А. А. Атомно-эмиссионный спектральный анализ с индуктивно связанной плазмой и тлеющим разрядом по гримму / А. А. Пупышев, Д. А. Данилова. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. - 202 с.

47 Методика выполнения измерений «Магний хлористый. Метод определения титана и железа» МВИ 3826-31-008-15. 2015 г.

Приложение А

ИНТЕРНАУКА
internauka.org

СБОРНИК СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ
XXIX МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ



ПРИЛОЖЕНИЯ

№11(27)

ISSN 2587-862X

Москва, 2019

ИНТЕРНАУКА

СЕРТИФИКАТ

Участника XXIX международной
научно-практической конференции

«Технические науки: проблемы и решения»

Настоящий сертификат подтверждает участие
в конференции и публикацию статьи в сборнике трудов

**Мендыбаев Ержан Албыспаевич,
Гусейнова Гульнара Джалаловна**

**ХАРАКТЕРИСТИКА ОПАСНЫХ, ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЗАЩИТА ОТ
НИХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ МАГНИЙ-СЫРЦА**

Генеральный директор
Издательство «Интернаука»



И.А. Гулин

19.11.2019
Москва



СЕКЦИЯ 4.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ХАРАКТЕРИСТИКА ОПАСНЫХ, ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЗАЩИТА ОТ НИХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ МАГНИЙ-СЫРЦА

Мендыбаев Ержан Албыспаевич

магистрант

*Казахского Национального Исследовательского
Технического Университета им. К.И. Сатпаева,
Республика Казахстан, г. Алматы*

Гусейнова Гульнара Джалаловна

*ассоциированный профессор кафедры МПТиТСМ, канд. техн.
наук Казахского Национального Исследовательского Технического
Университета им. К.И. Сатпаева, Республика Казахстан, г.
Алматы*

CHARACTERISTICS OF HAZARDOUS, HARMFUL SUBSTANCES AND PROTECTION AGAINST THEM ON PRODUCTION OF MAGNESIUM-RAW

Yerzhan Mendibayev

magister

*of K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University,
Kazakhstan, Almaty*

Gulnara Guseinova

*candidate of technical sciences, associate Professor of the
department of K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical
University, Kazakhstan, Almaty*

АННОТАЦИЯ

Условия безопасного труда. Хлористый водород. Хлор. Серная кислота. Электрический ток. Расплав солей, жидкий магний, шламо-электролитная смесь.

ABSTRACT

Safe working conditions. Hydrogen chlorid. Chlorine. Sulphuric acid. Electricity. Melt of salts, liquid magnesium, sludge-electrolyte mixture.

Ключевые слова: расплав; газ; жидкость; производство.

Keywords: melt; gas; liquid; production.

Характеристика опасных, вредных веществ и защита от них

1. Хлористый водород (HCl)

Хлористый водород образуется в электролизном отделении в процессе гидролиза магния хлористого, при заливке в электролизер.

Бесцветный газ, предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 5 мг/м^3 . Действует на дыхательные пути: наблюдается кашель, чувство стеснения и сжатия в груди, першение в горле, хрипота, одышка. В дальнейшем может возникнуть бронхит и отек легких.

Меры предупреждения: систематический контроль концентрации хлористого водорода в атмосфере цеха, обеспечение необходимой герметизации оборудования и нормальной работы приточно-вытяжной вентиляции.

Средства защиты: фильтрующий противогаз с фильтрующей коробкой марки ФК-5Б.

2. Хлор (Cl₂)

Хлор получается в процессе производства магния – сырца и выделяется из неплотностей электролизера, хлорных компрессорных, хлорных коммуникаций.

Хлор – газ желтовато-зеленого цвета с резким удушающим запахом. Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 1 мг/м^3 .

При отравлении: действует на дыхательные пути, сильный кашель, спазмы голосовой щели, чувство сжатия в области груди, мокрота, одышка, общая слабость, тошнота, рвота, жжение и царапанье в горле, насморк, чихание, слезотечение.

Меры предупреждения: систематический контроль концентрации хлора в атмосфере цеха. В цехе установлены газоанализаторы с автоматической звуковой и световой сигнализацией. Обеспечение необходимой герметизации оборудования и коммуникаций, обеспечение нормальной работы приточно-вытяжной вентиляции.

Средства защиты: фильтрующий противогаз с фильтрующей коробкой марки ФК-5Б.

Первая помощь: немедленное удаление пострадавшего из загазованной зоны с освобождением от стесняющей одежды, длительное вдыхание кислорода.

3. Серная кислота (H₂SO₄)

Серная кислота применяется как рабочая жидкость хлорных компрессоров.

Серная кислота – маслянистая, в чистом виде бесцветная прозрачная жидкость. С водой смешивается в любых пропорциях, с выделением большого количества тепла. При нагревании образует пары SO₃, которые, соединяясь с водяными парами воздуха, образуют кислотный туман. Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 1 мг/м³.

Серная кислота раздражает и прижигает слизистые оболочки носа. При отравлении высокими концентрациями серной кислоты появляются рвота, кровавая мокрота. Действуя на кожу, серная кислота вызывает сильные ожоги, трудно поддающиеся заживлению.

Методы предупреждения: предусмотрены безопасные и надежные устройства для переливания и хранения кислоты, трубопроводы и насосы герметизированы.

Средства защиты: рабочие хлорных компрессорной при выполнении работ по замене кислоты, установке разбега на компрессоре, перехода с одной нитки на другую и т. д. должны работать в резиновых сапогах, перчатках, в противогазе с фильтрующей коробкой марки ФК-5Б с резиновой маской на лице. Костюм лавсановый, резиновый фартук.

Первая помощь: При попадании на тело человека кислоты необходимо быстро обтереть пораженное место сухой тряпкой, смыть сильной струей воды или раствором соды и обратиться в здравпункт.

4. Электрический ток

Поражение электрическим током в электролизном отделении возможно при обслуживании электролизеров, мостовых кранов с электрическим приводом.

Поражение электрическим током подразделяется на электрический удар, термический ожог, металлизацию кожи.

Наибольшую опасность представляет электрический удар. Степень опасности электрического удара зависит от силы тока, прошедшего через человека. Поражение током наступает в случае, если человеческое тело окажется под напряжением, допускающим прохождение через организм человека переменного тока силой более 0,01 А или постоянного тока более 0,05 А.

Ток свыше 0,1 А смертелен для человека. Узлы электролизеров и конструкций должны иметь изоляцию друг от друга и от «земли», не ниже 0,5 МОм. Напряжение на первой и последующих электролизерах относительно «земли» должны быть равны. В случае разницы 10 % от половины напряжения на серии, принимаются меры по выравниванию напряжения.

Защитой от поражения электрическим током является надежная изоляция оборудования. Во избежание поражения электрическим током необходимо следить за состоянием изоляции в корпусе электролиза.

Необходимо помнить, что хлористые соли гигроскопичны в сыром состоянии и довольно хорошо проводят электрический ток, поэтому необходимо следить, чтобы полы, стены цеха, металлоконструкции, шинопровод, электролизеры были чистыми и сухими. Не допускается проникновение подземной и ливневой воды в цех на отм. -3,1 м, и на отм. ±0,0 м. Под напряжением находится и электролит в электролизерах, поэтому при проведении работ по обслуживанию электролизеров с помощью электромостового крана последний должен иметь, в обязательном порядке, три ступени изоляции.

Все работы на трансформаторе и шинопроводе переменного тока во время сушки электролизеров должны производиться лишь после выключения трансформатора.

Избегать замыкания противоположных электролизеров и шинопроводов.

Особенно опасно замыкание при входе шинопровода в цех и выходе его из здания цеха.

Первая помощь при поражении электрическим током: немедленное освобождение от токоведущих частей. При потере дыхания необходимо сделать искусственное дыхание, обратиться в здравпункт.

5. Расплав солей, жидкий магний, шламо-электролитная смесь

Расплавленный металлический магний склонен к воспламенению и горит ослепительно белым пламенем с образованием клубов дыма. При попадании на тело человека вызывает тяжелые ожоги, не заживающие длительное время.

Расплав магния хлористого, электролита, шламо-электролитная смесь при выполнении технологических операций частично гидролизуются из-за влаги воздуха в атмосфере с выделением хлористого водорода.

Нельзя допускать слива расплавов магния хлористого, электролита, шламо-электролитной смеси в сырые, грязные, не подогретые или неисправные короба.

Уровень расплава магния или расплава солей в ковше должен быть ниже верхнего края не менее чем на 200 мм или 0,8 объема. Ковш с расплавом следует устанавливать на обозначенное место платформы электрокара, транспортировать медленно.

Средства защиты: суконная спецодежда, спецобувь, войлочная шляпа, защитные очки или щиток.

Первая помощь при ожоге: наложить на место ожога стерильную повязку и отправить пострадавшего в здравпункт.

Основные правила безопасного ведения технологических процессов

Работа при производстве магния-сырца связана с электрическим током, хлором, хлористым водородом, сернистым газом, жидким магнием, расплавами солей, кислотами, транспортными средствами, грузоподъемными механизмами.

Правила безопасной работы на участке сводятся к следующему:

- 1) необходимо держать в чистоте и не допускать захламления, загромождения рабочих мест.
 - 2) запрещается работать при неисправном ограждении полов и площадок;
 - 3) во избежание попадания расплавов в воду, полы должны быть сухими и ровными, пролитую воду удаляют древесными опилками;
 - 4) следить за наличием и исправностью инструмента. Он должен быть чистым и сухим, а при работе с расплавом подогретым;
 - 5) работа, связанная с обслуживанием электролизеров, агрегатов и оборудования с электрическим приводом, может привести к поражению электрическим током, поэтому особое внимание следует обратить на индивидуальную защиту работающих, валенки подшиты и подклеены резиной, ботинки с подклеенной подшивкой (без гвоздей);
 - 6) оперативно должен вестись контроль следующих величин электроизоляции:
 - перекоса напряжения на серии электролиза;
 - утечки тока на «землю»; измерение полного сопротивления изоляции;
 - наличие переменного тока на шинах постоянного тока;
- Оперативность контроля сочетается световой и звуковой сигнализацией, при срабатывании которых, немедленно прекращать все работы и отходить от агрегатов;
- 7) при работе на электролизере, миксере, должны быть открыты только те крышки, через которые производится работа;
 - 8) при чистке хлорных коллекторов и патрубков – пользоваться шуровками с изолированными ручками;

- 9) во избежание выбросов расплава первое заполнения ковшей расплавом производить на половину емкости;
- 10) выполнение работ на крышках ковшей производится только после установки ковшей на пол;
- 11) заборная труба шламового и совмещенного ковшей отсоединяется после снятия вакуума и перекрытия запорного устройства с выдержкой не менее 10 секунд для слива остаточного расплава из труб;
- 12) чистку хлорных коллекторов, перевод электролизера на анодный и катодный отсос, опрессовку электролизеров хлором, производить в составе не менее двух человек в противогазах, масках и рукавицах «КР»;
- 13) при переводе электролизера на анодный отсос, предварительно сливается кислота с хлорного стояка. Перевод выполняется в следующем порядке:
открыть отсечной клапан;
убрать перекид катодного отсоса;
закрыть крышку коллектора.
- 14) на одном электролизере разрешается проводить одновременно только одну операцию;
- 15) подливку анодных блоков раствором производить после уплотнения зазоров шнуровым асбестом и небольшими порциями, во избежание попадания раствора в расплав;
- 16) разгерметизацию рабочего пространства электролизера (при извлечении анодного блока, ремонте перемишки анодного перекрытия), выполняют только после перевода электролизера на СТО;
- 17) нельзя производить выгрузку коробов с не застывшим расплавом;
- 18) чистку контактных поверхностей с использованием пневмоинструмента выполняют только с установкой защитных ширм.