Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Цветных металлов и материаловедения
институт
Металлургии цветных металлов
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Н.В. Белоусова
подпись инициалы, фамилия

« ___ » _____ 2019 г.

# БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

22.03.02 Металлургия
код и наименование направления

Извлечение благородных металлов из отходов ювелирного производства
тема

Руководитель _____ _____
подпись дата

Старший преподаватель Г.А. Соркинова
должность, ученая степень, инициалы, фамилия

Выпускник _____ С.Е. Повелица
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2019

Продолжение титульного листа ВКР по теме: Извлечение благородных металлов из отходов ювелирного производства

Консультанты
по разделам:

| | | |
|---|---|---|
| Общая часть | _____ | Г.А.Соркинова |
| наименование раздела | подпись, дата | инициалы, фамилия |
| Технологическая часть | _____ | Г.А.Соркинова |
| наименование раздела | подпись, дата | инициалы, фамилия |
| Специальная часть | _____ | Г.А.Соркинова |
| наименование раздела | подпись, дата | инициалы, фамилия |
| Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды | _____ | Г.А.Соркинова |
| наименование раздела | подпись, дата | инициалы, фамилия |

| | | |
|---|---|---|
| Нормоконтролер | _____ | Н.В. Белоусова |
| | подпись, дата | инициалы, фамилия |

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Цветных металлов и материаловедения
(институт)
Металлургии цветных металлов
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Н.В. Белоусова
подпись инициалы, фамилия

« ___ » _____ 2019 г

**ЗАДАНИЕ**
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**
**в форме ____ бакалаврской работы _____**
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту Повелица Софье Евгеньевне
(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗМЦ 14-01Б Направление 22.03.02 Металлургия
(код)

профиль подготовки 22.03.02.02 Металлургия цветных металлов
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Извлечение благородных металлов из отходов ювелирного производства

Утверждена приказом по университету № 9469/с от 21 июня 2019 г

Руководитель ВКР : Г.А. Соркинова, старший преподаватель каф. МЦМ ИЦМиМ СФУ
(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР Данные производственной практики, литературные данные

Перечень разделов ВКР Общая часть, технологическая часть, металлургические расчеты технологической схемы переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства, безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды

Перечень графического материала
11 слайдов

Руководитель ВКР _____ Г.А. Соркинова
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____ С.Е. Повелица
подпись инициалы и фамилия студента

« ___ » _____ 2019 г

**СОДЕРЖАНИЕ:**

**ВВЕДЕНИЕ 12**
**1 Общая часть 14**
**1.1 Общие физико–химические свойства золота 14**
**1.1.1 Физические свойства золота 15**
**1.1.2 Химические свойства золота 15**
**1.2 Сбор вторичного сырья благородных металлов 16**
**1.3 Виды вторичного сырья и производственных отходов, содержащие редкие, благородные и цветные металлы 20**
**1.4 Практика зарубежных предприятий работающих по различным технологическим схемам переработки лома содержащего благородные металлы 21**
**1.5 Оценка рынка золота 24**
**1.5.1 Динамика потребления золота в мире 24**
**1.5.2 Основные отрасли потребители золота 24**
**1.5.3 Динамика производства, в том числе и вторичное сырье 25**
**1.5.4 Динамика цен на благородные металлы 25**
**1.5.4.1 Динамика цен на золото 26**
**1.5.4.2 Динамика цен на серебро 27**
**1.5.4.3 Динамика цен на платину 28**
**1.5.4.4 Динамика цен на палладий 29**
**1.6 Характеристика вторичного сырья и отходов ювелирной промышленности 29**
**1.7 Организация рабочего места ювелира 30**
**1.8 Сущность и основные понятия процессов шлифования и полирования ювелирных изделий 30**
**1.9 Шлифующие и полирующие материалы 34**
**1.10 Обработка соров, и половых тигельных крецов ювелирного производства 35**
**1.11 Обработка шлифов и шламов ювелирного производства 36**
**2 Технологическая часть 37**
**2.1 Характеристика предприятия ООО «Вариант-М» 37**
**2.2 Технологическая схема переработки отходов ювелирного производства 38**

**3 Металлургические расчеты технологической схемы переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства 42**
**3.1 Обжиг отходов шлифовки и полировки 42**
**3.2 Выщелачивание огарков шлифовки и полировки 42**
**3.3 Фильтрация и отмывка нерастворимого остатка 45**
**3.4 Осаждение золота из раствора 46**
**3.5 Технико – экономическое обоснование процесса переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства 48**
**4 Охрана труда 51**
**4.1 Безопасность жизнедеятельности в производственной среде 51**
**4.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов 51**
**4.1.2 Технические и организационные мероприятия по охране труда 53**
**4.1.3 Индивидуальные средства защиты 56**
**4.1.4 Мероприятия по производственной санитарии 56**
**4.1.5 Мероприятия по пожарной и взрывной безопасности 57**
**4.2 Охрана окружающей среды 58**
**4.2.1 Анализ промышленных загрязнений окружающей среды 58**
**4.2.2 Природоохранные мероприятия по защите атмосферы, гидросферы и литосферы 58**
**ЗАКЛЮЧЕНИЕ 59**
**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 60**

# ВВЕДЕНИЕ

Использование вторичного металлосодержащего сырья в современном мировом производстве металлов быстро и неуклонно растет. В ряде промышленно развитых стран производство вторичных металлов составляет (30÷40)% от общего объема производства металлургической промышленности.

В России доля вторичных металлов традиционно была сравнительно не велика. Это объясняется, в первую очередь, наличием в стране мощной сырьевой базы, дешевых энергоресурсов и отсутствием в связи с этим существенных стимулов к сбору и переработке вторичного сырья.

В последние годы ситуация радикально изменилась. Сокращение инвестиций в геологическую разведку, оценку запасов и развитие минерально-сырьевой базы страны привело к истощению разведанных запасов. Произошло радикальное сокращение арсеналов военной техники и, как следствие, скачкообразное увеличение лома и отходов этой техники.

Суммарная масса таких отходов приближается к 1 млн. т. Переход к рыночной экономике привел к остановке и ликвидации тысяч нерентабельных производств и образованию на их месте многих сотен тысяч тонн металлолома - металлосодержащего вторичного сырья. И, наконец, в результате многолетней добычи и переработки руд при производстве цветных и черных металлов образовались горы техногенного вторичного сырья, содержащего множество ценных компонентов. Образовавшиеся отходы, с одной стороны, наносят огромный вред окружающей среде, с другой - представляют собой ценнейшие ресурсы, по содержанию полезных компонентов в сотни и тысячи раз превосходящие природные источники. Все это создает предпосылки для развития в России крупномасштабного производства вторичных металлов, для создания новой отрасли металлургической промышленности.

Однако отсутствие достаточного финансирования не позволяет решить эту задачу одномоментно. Необходимо разработать стратегический подход к решению данной проблемы.

Приоритетным направлением представляется сбор и переработка сырья, содержащего драгоценные металлы. Содержание драгоценных металлов во вторичном сырье значительно выше, чем в природном, эти металлы высоко ценятся и имеют постоянно высокую ликвидность на мировом рынке.

Источники вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы, можно разделить на две группы. К первой группе относятся традиционные источники: отходы и лом ювелирного производства, отработанные и платиносодержащие катализаторы, отходы фотоматериалов, лабораторная посуда и т.п. Ко второй группе относятся нетрадиционные виды вторичного сырья: так называемый «электронный лом» – лом и отходы электроники и

электротехнического оборудования, содержащие золото, серебро, платину, палладий, редкие металлы и полупроводники.

Для сбора и переработки вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы, в России создаются специализированные региональные центры, строятся перерабатывающие предприятия, ориентированные на переработку «бедного» сырья, содержащего менее 0,3 мас. % золота. При этом на пути развития действующих и создающихся новых производств, занимающихся переработкой вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы, возникают огромные трудности, связанные с классификацией вторичного сырья, сертификацией, комплексной переработкой, решение проблем экологии и т.д.

Использование вторичных сырьевых ресурсов позволяет решить ряд важнейших проблем:

- сохранение невосполнимых природных ресурсов;
- улучшение экологической обстановки;
- снижение капитальных и энергетических затрат;
- повышение степени извлечения ценных компонентов и увеличение ассортимента выпускаемой продукции;
- создание малоотходных производств [1].

Цель выпускной квалификационной работы: ознакомление с теоретическими основами и практическим применением технологии переработки золотосодержащих отходов ювелирного производства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: рассмотреть технологию переработки золотосодержащих отходов ювелирного производства, выполнить расчеты, выявить опасные и вредные факторы в производстве и предусмотреть мероприятия по их снижению.

# 1 Общая часть

## 1.1 Общие физико–химические свойства золота

Содержание золота в земной коре очень низкое – $4{,}3 \cdot 10^{-10}$ % по массе (0,5÷5 мг/т), но месторождения и участки, резко обогащённые металлом, весьма многочисленны. Золото содержится и в воде. Один литр и морской, и речной воды содержит менее $5 \cdot 10^{-9}$ граммов Au, что примерно соответствует 5 килограммам золота в 1 кубическом километре воды.

Золоторудные месторождения возникают преимущественно в районах развития гранитоидов, небольшое их количество ассоциирует с основными и ультраосновными породами.

Золото образует промышленные концентрации в постмагматических, главным образом гидротермальных, месторождениях.

В экзогенных условиях золото является очень устойчивым элементом и легко накапливается в россыпях. Однако субмикроскопическое золото, входящее в состав сульфидов, при окислении последних приобретает способность мигрировать в зоне окисления. В результате золото иногда накапливается в зоне вторичного сульфидного обогащения, но максимальные его концентрации связаны с накоплением в зоне окисления, где оно ассоциирует с гидроокислами железа и марганца. Миграция золота в зоне окисления сульфидных месторождений происходит в виде бромистого и йодистого соединений в ионной форме. Некоторыми учёными допускается растворение и перенос золота сульфатом окиси железа или в виде суспензионной взвеси.

В природе известны 15 золотосодержащих минералов: самородное золото с примесями серебра, меди и др., электрум Au и (25÷45)% Ag; порпесит AuPd; медистое золото, бисмутоаурит (Au, Bi); родистое золото, иридистое золото, платинистое золото. Встречается также вместе с осмистым иридием (ауросмирид). Остальные минералы представлены теллуридами золота: калаверит $AuTe_2$, креннерит $AuTe_2$, сильванит $AuAgTe_4$, петцит $Ag_3AuTe_2$, мутманит (Ag, Au)Te, монтбрейит $Au_2Te_3$, нагиагит $Pb_5AuSbTe_3S_6$.

Для золота характерна самородная форма. Среди других его форм стоит отметить электрум, сплав золота с серебром, который обладает зеленоватым оттенком и относительно легко разрушается при переносе водой. В горных породах золото обычно рассеяно на атомарном уровне. В месторождениях оно зачастую заключено в сульфиды и арсениды.

Различаются вторичные месторождения золота – россыпи, в которые оно попадает в результате разрушения первичных рудных месторождений, и месторождения с комплексными рудами – в которых золото извлекается в качестве попутного компонента.

### 1.1.1 Физические свойства золота

Чистое золото – мягкий металл жёлтого цвета. Красноватый оттенок некоторым изделиям из золота, например, монетам, придают примеси других металлов, в частности, меди. В тонких плёнках золото просвечивает зелёным. Золото обладает высокой теплопроводностью и низким электрическим сопротивлением.

Золото – очень тяжёлый металл: плотность чистого золота равна 19,32 г/см³. Среди металлов по плотности занимает седьмое место после осмия, иридия, рения, платины, нептуния и плутония. Сопоставимую с золотом плотность имеет вольфрам (19,25 г/см³). Высокая плотность золота облегчает его добычу, отчего даже простые технологические процессы – например, промывка на шлюзах, могут обеспечить высокую степень извлечения золота из промываемой породы.

Золото – очень мягкий металл: твёрдость по шкале Мооса ~ 2,5, по Бринеллю (220÷250) МПа (сравнима с твёрдостью ногтя).

Золото также высокопластично: оно может быть проковано в листки толщиной до ~ 0,1 мкм (100 нм) (сусальное золото); при такой толщине золото полупрозрачно и в отражённом свете имеет жёлтый цвет, в проходящем – окрашено в дополнительный к жёлтому синевато–зеленоватый. Золото может быть вытянуто в проволоку с линейной плотностью до 2 мг/м.

Температура плавления золота 1064,18°C, кипит при 2856 °C. Плотность жидкого золота меньше, чем твёрдого, и составляет 17 г/см$^3$ при температуре плавления. Жидкое золото довольно летучее, и активно испаряется задолго до температуры кипения.

### 1.1.2 Химические свойства золота

Золото – один из самых инертных металлов, стоящий в ряду напряжений правее всех других металлов. При нормальных условиях оно не взаимодействует с большинством кислот и не образует оксидов, поэтому его относят к благородным металлам, в отличие от обычных металлов, разрушающихся под действием кислот и щелочей. В XIV веке была открыта способность царской водки растворять золото, что опровергло мнение о его химической инертности.

Наиболее устойчивая степень окисления золота в соединениях +3, в этой степени окисления оно легко образует с однозарядными анионами ($F^-$, $Cl^-$, $CN^-$) устойчивые плоско–квадратные комплексы $[AuX_4]^-$. Относительно устойчивы также соединения со степенью окисления +1, дающие линейные комплексы $[AuX_2]^-$. Долгое время считалось, что +3 – высшая из возможных степеней окисления золота, однако, используя дифторид криптона, удалось получить соединения $Au^{+5}$ (фторид $AuF_5$, соли комплекса $[AuF_6]^-$).

Соединения золота (V) стабильны лишь со фтором и являются сильнейшими окислителями.

При взаимодействии атомарного фтора с пентафторидом золота были получены летучие фториды золота (VI) и (VII): $AuF_6$ и $AuF_7$. Они крайне неустойчивы, особенно $AuF_6$, который дисмутирует с образованием $AuF_5$ и $AuF_7$.

Степень окисления +2 для золота нехарактерна, в веществах, в которых она формально равна 2, половина золота, как правило, окислена до +1, а половина – до +3, например, правильной ионной формулой сульфата золота (II) $AuSO_4$ будет не $Au^{2+}(SO_4)^{2-}$, а $Au^{1+}Au^{3+}(SO_4)_2^{2-}$, однако обнаружены комплексы, в которых золото всё–таки имеет степень окисления +2.

Существуют соединения золота со степенью окисления −1, называемые ауридами. Например, CsAu (аурид цезия), $Na_3Au$ (аурид натрия) [2].

## 1.2 Сбор вторичного сырья благородных металлов

Источников получения сырья драгоценных металлов много. Развитие технологий позволяет увеличивать их количество. Это происходит из-за того, что новые технологии позволяют извлекать такое сырьё способами, которые были невозможны ранее. Фронт извлечения драгметаллов и эффективность необходимых технологий нарастают. Важный источник получения сырья для извлечения ценных металлов – организованный сбор.

Он осуществляется по двум направлениям:

- сбор сырья у населения;
- поступления сырья из производства и других областей хозяйства.

Наиболее простой и безопасный способ заниматься вторичной переработкой благородных металлов – сотрудничество или работа с предприятием рециклинга.

Такое предприятие:

- обладает всеми разрешительными документами и проходит проверки;
- регулярно следит за изменениями законодательства;
- обеспечит каждому сотруднику разрешённый законом режим работы.

Скупка у населения. Это способ интересен тем, что полученные металлы представлены полностью готовыми к переработке:

- в чистом виде, без примесей;
- с гарантированным качеством;
- в упаковке и таре пунктов скупки.

Приобретаемые у населения драгоценные металлы представлены в виде изделий, монет и ювелирных украшений. Собранные порции подвергают сортировке, часть материала отправляют на полную переработку.

К ювелирному лому относят украшения из драгоценных металлов и их фрагменты, сданные в скупки и аккумулированные иными способами.

Драгоценные камни – предмет отдельной специализации в рециклинге и ювелирном деле. Вместе с уникальными высокохудожественными ювелирными изделиями камни не перерабатывают.

Переработка драгметаллов несложна и состоит из:

- извлечения вручную драгоценных камней, декоративных вставок, стальных пружин, нитей;
- сортировки по пробам;
- плавки и изготовления слитков для дальнейшего использования.

Совершенствование способов переработки сырья привело к развитию системы скупки у населения многих материалов, содержащих ценные металлы, а не только ювелирных изделий и монет. Драгметаллы есть в составе электронных устройств, таких как компьютеры и мобильные телефоны.

Поступление сырья с производства. Источников поступления такого сырья очень много, и они достаточно разнообразны. Одна часть таких источников предусмотрена технологией производства. Другая часть относится к отходам, в которых допускается содержание драгоценных металлов.

Главная сложность обработки отходов и лома оборудования, промышленных отходов и аналогичных массивов вторичного сырья также заключается в сортировке совершенно различных объектов, например:

- посеребрённых и позолоченных контактов и жил проводов;
- деталей с позолотой;
- инструментов и приборов с мелкими деталями из золота и серебра;
- солей серебра и их растворов.

Трудоёмкая обработка такого сырья выгодна при достаточных его количествах. Вот почему извлечение драгоценных металлов из отходов и вторичного сырья выгодно только при больших объёмах таких работ. По этой же причине в деле рециклинга выгодно сотрудничество с солидной профильной организацией

В работу предприятий рециклинга поступает сырьё, которое другие предприятия не могут переработать самостоятельно. Некоторые производственные процессы позволяют осуществлять сбор и переработку таких материалов на регулярной основе.

Собранное сырье, содержащее драгоценные металлы, подвергают переработке для получения золота, серебра, платины в готовом для дальнейшей обработки виде. Помимо этих основных биржевых металлов, немалой ценностью обладают многие другие материалы, к примеру, редкоземельные металлы.

Все многообразие методов извлечения ценного содержимого из сырья сводится к нескольким типам технологических операций:

- сбор - сбор лома и отходов с содержанием благородных металлов в организациях России осуществляется посредством сбора узлов, деталей,

элементов, материалов, растворов и т. д. выведенных из эксплуатации технических материальных средств и ценностей, содержащих благородные металлы, с целью их дальнейшей утилизации, первичной обработки и переработки;

- сортировка - сортировка металлолома является частью процесса переработки и осуществляется с учетом нескольких факторов: по физическим параметрам, таким как размер, форма, плотность, степень засоренности и другие, и по химическому составу при помощи специального оборудования;
- измельчение - дробление исходного сырья на мелкие части нужного размера, упрощает отделение разнородных материалов друг от друга и доступ к этим материалам, средств химического воздействия – растворов электролита;
- термическая обработка - выполняется от нагрева до интенсивного обжига. Этот метод позволяет разрушить горючие и другие материалы и легко удалить продукты этого разрушения;
- плавка - эта разновидность термической обработки, при которой металлы переходят в жидкое состояние и легко объединяются в капли и более крупные массивы. Такие массивы можно отливать в формы;
- центрифугирование - применяется к различным материалам в жидком состоянии. Цель такой операции – разделение материалов разного объёмного веса. В деле извлечения золота и серебра используется тот факт, что объёмный вес этих металлов больше, чем у стали, алюминия, олова и даже меди. Свинец, обладающий большим объёмным весом, затрудняет использование этого метода;
- электролитический и химический методы - технологии, при которых металл извлекается из смесей благодаря осаждению примесей или самого металла из раствора на электрод;
- гидрометаллургический метод - разновидность химического метода, при котором металл или примеси удаляются из раствора или суспензии воздействием химических реагентов.

Многие методы, например, гидрометаллургический, применяются и при первичной добыче цветных металлов из руды.

В деле извлечения драгоценных металлов используется несколько групп оборудования:

- оборудование для сортировки;
- аппаратура измельчения и дробления;
- устройства для термической обработки;
- ёмкости для электролитических и химических процессов;
- плавильная техника и специальная аппаратура для центрифугирования.

Сортировка сырья на начальных этапах производится в значительной мере вручную – на столах, конвейерной ленте, с использованием простейших

контейнеров, поддонов и ящиков. По мере обработки доля ручного труда уменьшается.

Повторные сортировки измельчённого и частично обработанного сырья выполняются с использованием сит, решет, грохотов и аналогичных средств механизации.

Измельчение сырья выполняется в различных дробилках, в том числе – кустарного и индивидуального производства. В таких установках для переработки золота и других металлов используются ударные воздействия, резание, абразивные эффекты и другие технологии.

Термообработка может осуществляться вручную и в устройствах, обеспечивающих нужные режимы:

1. в сушильных шкафах.
2. в печах – муфельных, электрических, вагранках. Печи используются как для термообработки, так и для плавки.
3. обжиг может производиться в специальных печах индивидуального производства.

Химические и электролитические операции выполняются в сосудах из пластмасс, реже – в металлических ёмкостях, в стеклянных ваннах.

Аппаратура для центрифугирования относится к наиболее сложной технике, применяемой в деле переработки сырья, содержащего драгоценные металлы.

Полученные в результате переработки вторичного сырья драгоценные металлы составляют две группы – возвратные и невозвратные.

Возвратным материалом считается металл, соответствующий по качеству исходному. Обычно такой металл получают плавкой ювелирного лома. Ещё один источник такого чистого сырья – отходы производства, собираемые согласно технологии.

Практически все драгоценные металлы, получаемые переработкой вторсырья, не обладают достаточной чистотой для применения в высококачественной продукции. Они используются по двум направлениям:

- в изделиях и продукции, где нет высоких требований к чистоте золота и серебра;
- передаются на аффинаж – выполнение качественной очистки и получение высокопробного металла.

Типичные примеры использования вторичного золота и серебра:

- выполнение позолоты невысокого качества;
- применение в некоторых видах электротехнических и электронных изделий;
- получение химических соединений;
- использование в фильтрах, катализаторах, в изделиях, стойких к агрессивной среде.

Использование вторичных драгоценных металлов реализуется на тех предприятиях, где они применяются в основном производстве.

Специфика переработки вторичного сырья такова, что полученные золото и серебро выгодно передать для дальнейшего использования на другие предприятия–изготовители продукции с применением драгметаллов.

Главный критерий эффективности восстановления драгметаллов из отходов и вторсырья – рентабельность. Работа предприятия рециклинга в этом направлении выгодна, когда стоимость получения золота и серебра ниже определённого предела. Величина этого предела колеблется в зависимости от рыночной обстановки и биржевой стоимости драгоценных металлов [3].

### 1.3 Виды вторичного сырья и производственных отходов, содержащие редкие, благородные и цветные металлы

Во всех высокоразвитых странах мира вопросу переработки вторичного сырья и различных видов производственных отходов, содержащих редкие, благородные и цветные металлы или их соединения, уделяется большое внимание, так как это позволяет решить ряд важнейших технологических, экономических и экологических задач:

- возвратить в сферу производственной деятельности ценные и дефицитные металлы;
- снизить энергетические затраты на производство ряда редких, благородных и цветных металлов;
- предотвратить или существенно сократить попадание токсичных продуктов в природную среду;
- уменьшить вред, наносимый природе горнодобывающей промышленностью.

Учитывая большое разнообразие видов вторичного сырья и производственных отходов, содержащих редкие, благородные и цветные металлы и их соединения, ниже рассмотрены технологические схемы и процессы переработки для ограниченного числа наиболее характерных видов вторичного сырья и производственных отходов:

- лом ювелирного производства;
- отходы индивидуальных металлов. В данную группу включены отходы трёх видов:

1- обрезки, сколы, брак от прокатки, слитки, прутки, проволока, пластины, стружка, а также порошки, шлифпорошки и др., содержащие индивидуальные металлы: рений, молибден, вольфрам, титан, индий, германий, никель;

2 - аноды, сетки и другие детали генераторных и радиоламп, содержащие тантал и ниобий;

3- лом тиглей из иридия;

- сплавы на основе редких металлов (с содержанием более 50% Mo, W, Re или Nb) в виде слитков, кусков штабиков и проката, обрезков листа, высечки, стружки, порошков, изделий различной формы;

- многокомпонентные ставы:

1) отходы – быстрорежущие стали на основе вольфрама (окалина, обрезки кромки после проката, стружка, пыль от заточки инструмента);

2) твёрдые сплавы (куски твердосплавных бракованных пластин, их сколы и т. п.), содержащие карбиды вольфрама, титана, тантала или их смеси и кобальта;

3) композиции на основе никеля, содержащие вольфрам и молибден;

4) сплавы на основе индия;

5) припои, содержащие серебро, золото;

- интерметаллические соединения (срезы начальных и конечных частей слитков, бракованные поли- и монокристаллы, пластины, остатки в тиглях от вытягивания монокристаллов и т. п.), содержащие галлий, мышьяк, фосфор, сурьму и др.;
- оксидные материалы - галлий-гадолиниевые гранаты, бракованные изделия, пластины, отходы резки и шлифования и др.;
- дезактивированные (отработанные) катализаторы, в состав которых входят платина, палладий, рутений, рений, молибден, ванадий, никель и др.;
- лом изделий электронной техники - микросхемы, бракованные или отслужившие срок эксплуатации электронные приборы и другие отходы, содержащие ценные компоненты (Au, Ag, Pd, Ru, Ta, Nb, W, Cu, Al, Pb, Sn, Zn, полупроводниковые материалы);
- жидкие виды производственных отходов – отработанные электролиты, травильные растворы, промывные воды;
- - солевые хлоридные плавы - отработанные хлоридные расплавы солевых фильтров.

Учитывая, что процессы, используемые при обогащении вторичного сырья и производственных отходов, могут применяться и для их переработки, то при разработке и создании технологической схемы в зависимости от вида сырья процессы обогащения и переработки, как правило, объединяются в единую технологическую цепочку. В качестве примера можно привести процессы: ионный обмен, экстракцию, цементацию, электролиз, которые с успехом применяются как при обогащении, так и при непосредственной переработке [3].

### 1.4 Практика зарубежных предприятий работающих по различным технологическим схемам переработки лома содержащего благородные металлы

Отработанные тигли, трубопроводы, футеровка, шлаки и другие материалы с низким содержанием драгоценных металлов успешно перерабатывают на крупных заводах по получению драгоценных металлов зарубежных фирм. Компания «Rand Refinery Ltd» для повышения эффективности производства направляет металлическую фракцию, после

измельчения и обогащения, в аффинажное производство, а пыль – в плавильное.

Электролитные шламы, содержащие благородные металлы, перерабатываются, как правило, традиционным процессом плавки на сплав Доре; в качестве флюса используется кварц, в частности, из отходов горнодобывающего производства. Данная технология переработки достаточно дорогостоящая.

Весьма эффективно использование гидрохлорирования, обеспечивающего перевод всех металлов в хлориды. На ряду с хлоридным используется и серно-кислотное выщелачивание. Положительные результаты дает сочетание пиро- и гидрометаллургического методов, однако отмечается их трудоемкость, необходимость утилизации растворов и отходящих газов. Одним из перспективных методов является сульфатизация с последующим удалением селена (в виде диоксида) при спекании с содой. Фирмой «Inco» (Канада) и «Outokumpu» (Финляндия) широко применяют сернокислотное автоклавное выщелачивание.

Способы переработки медеэлектролитных шламов, содержащих драгоценные металлы, зарубежными компаниями приведены в таблице 1[4].

Таблица 1 – Утилизация медеэлектролитных шламов, содержащих благородные металлы

| Фирма | Способ переработки, реализации |
|---|---|
| «Asarco», США | Выщелачивание, окислительный обжиг и плавка на сплав Доре |
| «CCR», Канада | Обезмеживание шламов во вращающемся конвертере с верхним дутьем |
| «Chuquicamata», Чили | Сернокислотное выщелачивание; обезмеженные щламы направляют на плавку на сплав Доре |
| «Cu Refineries Pty ER and S», Австралия | Обезмеженные шламы продают ; шламы плавят на сплав Доре |
| «El Salvador», Чили | Сернокислотное выщелачивание; обезмеженные щламы направляют на плавку на сплав Доре |
| «Hibi Kyoco Co Ltd», Япония | Шламы обезмеживают и направляют для плавки на предприятие Takehara Refinery |
| «IMI Refiners», Великобритания | Шламы поставляют на основное предприятие фирмы в Европу с целью рафинирования |
| «Inco», Канада | Сернокислотное выщелачивание шламов. Огневое рафинирование с получением штейна |
| «Minero Peru», Перу | Сернокислотное выщелачивание, сульфидирующий обжиг и плавка на сплав Доре |
| «Mitsubishi», Япония | Шламы Onahama и Haoshima поступают на Osaka Refinery |
| «Outokumpu», Финляндия | Обезмеживание шламов при обжиге 600°С |
| «Palabora», ЮАР | Шламы продают как полупродукт |
| «Phelps Dodge»,США | Сернокислотное выщелачивание в атмосфере кислорода, сульфатизирующий обжиг и плавка в отражательной печи на сплав Доре |
| «Rabak», Турция | Шламы продают в Европу для рафинирования |
| «Sarkuysan», Турция | Шламы направляют в Европу для переработки |

Компанией «Brinswick Mining and Smelting Corp., Ltd» (Канада) разработан процесс плавки настылей (сплав серебро – цинк), образующихся

при выделении серебра и свинцового коллектора. Процесс проводят при температуре 973 - 1023 К и давлении 13,3 кПа. Серебро остается в огарке, а пары цинка конденсируются с получением металла [5].

### 1.5 Оценка рынка золота

#### 1.5.1 Динамика потребления золота в мире

Сегодня самыми крупными поставщиками золота на мировой рынок являются Южная Африка, США, Австралия, Канада, Россия, Китай. Два самых важных рынка торговли золотом – Лондон и Нью-Йорк. Другие важные центры торговли находятся в Цюрихе, Токно, Сиднее, Гонконге.

В настоящее время Россия занимает 5–е место в мире по производству золота. По добыче драгоценных металлов лидирующие позиции в Российской Федерации занимают следующие предприятия: ОАО «Полюс Золото», ОАО «Полиметалл», ОАО «Покровский рудник», ООО «РуссДрагМет», ОАО «БурятЗолото», группа компаний «ЮжУралЗолото».

Добыча золота в России в последние годы неуклонно сокращается. Эксперты называют следующую причину снижения объемов производства в Российской Федерации: старые месторождения иссякают, тогда как новые крупные объекты планируется ввести только к началу следующего десятилетия.

В настоящее время Россия экспортирует 70% добываемого золота, перерабатывая внутри страны только 30%.

По данным Всемирного Золотого Совета, в России отмечается рекордный для страны спрос на золото со сторону ювелиров. Рост интереса к золоту в России в определенной степени связан с постоянным повышением мировых цен на него. Золото как инструмент вложения денег в настоящее время является одним из эффективных средств защиты от финансовых потерь. Инвесторы препочитают часть активов держать в драгоценных металлах, как минимум, сохраняя свои средства. Кроме того, растет благосостояние населения и, как следствие, покупательная способность.

#### 1.5.2 Основные отрасли потребители золота

По своему назначению драгоценные металлы играют двоякую роль:

- они предназначены для промышленного использования (техника, электроника, медицинское оборудование, протезирование и т, д.);
- они являются предметом инвестиций (изготовление монет, ювелирных изделий), используются как сокровища, резервы.

Золото обычно используется в сплавах с другими металлами, которые, при сохранении главных качеств чистого золота, характеризуются большей твердостью и плотностью и позволяют расходовать золото более экономно. Сплавы золота с платиной используются для производства стойких к

химическому воздействию приборов, а сплавы золота с серебром и платиной используется для изготовления электрических контактов в ответственном оборудовании. Золото и содержащие его сплавы также используются для золочения, производства ювелирных украшений и зубного протезирования. Радиоактивный изотоп Au198 используется для радиотерапии опухолей.

Золото выступает: в качестве валютного актива, выполняющего ряд функций денег, в качестве обычного товара, со своей себестоимостью производства, подверженного законам спроса и предложения, а так же спекуляции [6].

### 1.5.3 Динамика производства, в том числе и вторичное сырье

Развитие отрасли, как добыча полезных ископаемых, так и переработка драгоценных металлов, и ювелирное дело опирается на устойчивое финансирование со стороны российского банковского сектора. Дальнейшие перспективы развития аффинажного производства в России, без сомнения, связаны в первую очередь с развитием крупнейших в мире металлургических компаний отрасли – ГМК «Ноильский никель», «Полюс Золото», «Полиметалл», «Амур» и др. предприятия активно проводят геологическую разведку, разработку новых месторождений, расширяя географию отрасли. Развитие горнодобывающей отрасли придает импульс инфраструктурному развитию все новых регионов от Дальнего Востока до европейского Севера.

Сокращение предложения золота из новой добычи возмещаются поставками вторичного металла, получаемого от переработки ранее изготовленной золотосодержащей продукции (золотого лома). Поступления из этого источника превысили 600тонную отметку.

Главный источник золотого лома – ювелирная продукция, вышедшая из моды или реализуемая владельцам вследствие нужды в деньгах. В США перерабатывают свыше 45% всего золотого лома развитых стран, из этих изделий получают 75% вторичного металла.

Вторичный металл формирует существенную часть сырьевой базы ювелирного промысла развивающихся стран [6].

### 1.5.4 Динамика цен на благородные металлы

Россия занимает достаточно сильные позиции на мировом рынке драгоценных металлов:

1-е место по добыче палладия;

2-е место по добыче платины (после ЮАР);

3-е место по добыче золота (после Китая и Австралии).

### 1.5.4.1 Динамика цен на золото

Объем мировой добычи золота в 2016 году продемонстрировал небольшой прирост на 0,4% до 3 222 тонн. Вырос на 8,2% (до 1 268 т) объем вторичной переработки металла: рост 2-ой год подряд после периода устойчивого снижения 2009-2014 гг., что было обусловлено ростом цен на металл. Таким образом, доля лома в общем объеме предложения металла достигла 28% (пиковое значение зафиксировано в 2009 г. – 42%). В результате общее предложение золота на мировом рынке с учетом операций хеджирования выросло на 2,5% до 4 511 тонн.

Спрос на золото снижается третий год подряд. В 2016 г. объем спроса сократился на 18,3% до 3 559 тонн в сравнении с 2015 г., что является минимальным уровнем с 2009 г.

Негативную динамику продемонстрировали все компоненты спроса: ювелирная промышленность (-21,0%);

- промышленное производство (-3,0%);
- государственный сектор (-41,1%);
- розничный спрос на слитки и монеты (-9,0%).

Ключевым фактором снижения спроса на золото стало сокращение спроса со стороны ювелирной промышленности, которая занимает более 50% в общей структуре потребления данного металла. Изменение спроса ювелирной промышленности было обусловлено в свою очередь чередой событий в Индии: введение акцизного налога, уменьшение товарных запасов розничных продавцов, а также неожиданная для рынка денежная реформа. Реформа была связана с изъятием из оборота крупных купюр, составляющих порядка 86% от стоимости находящихся в обращении банкнот, и направлена на борьбу с теневым сектором экономики (фальшивомонетчество, финансирование террористов). На долгосрочном горизонте ожидается положительное влияние реформы на восстановление ювелирного спроса на золото.

В Китае, втором крупнейшем рынке золотых ювелирных изделий, преобладал слабый потребительский спрос (рост цен на золото, негативные потребительские ожидания, покупки более мелких в каратах изделий).

Также стоит отметить введение в 2016 г. Всемирным советом по золоту (WGC) и Организацией по бухучету и аудиту для исламских финансовых учреждений (AAOIFI) шариатского золотого стандарта. Новация дает возможность приобретать золото и финансовые продукты, связанные с ним, в соответствии с законами шариата. До введения данного стандарта отсутствовала ясность в отношении правил и норм инвестирования в золото в исламском мире. Ожидается, что шариатский золотой стандарт будет способствовать привлечению дополнительных инвесторов на рынок золота.

В результате сокращения спроса на золото вырос избыток металла на рынке с 44 тонн в 2015 г. до 952 тонн в 2016 г. Особенно высокий уровень избытка металла фиксировался в 4-м квартале 2016 года, что было связано с

продажами ETF и ограниченным спросом в Индии в результате проведенной денежной реформы.

Несмотря на переизбыток металла на рынке, среднегодовые цены на золото в 2016 г. По данным LBMA выросли. Рост был обеспечен спросом на защитные активы, обусловленным в свою очередь повышением экономической и политической неопределенности (выборы в США, Brexit, неустойчивость итальянского банковского сектора). При этом динамика в течение года была разнонаправленной: стремительный рост в первой половине года и снижение – во второй. На снижение цен повлияли результаты выборов в США: победа Д. Трампа в выборах стала сигналом к потенциальному ослаблению налоговой нагрузки, уменьшению регуляторной нагрузки, возобновлению роста экономики и укреплению доллара. Как результат, западные инвесторы сократили позиции в ETF (первые три квартала – накопление, в 4-м квартале – сокращение на 160 тонн), что привело к снижению цен на золото.

Производство золота в России, по данным Минфина РФ, в 2016 г. снизилось на 0,3% до 288,55 т, из которых 82% - добычное золото, 5% - попутное и 13% - вторичное золото. Основной объем добычного золота приходится на Сибирский федеральный округ (41%, в т.ч. 22% - Красноярский край) и Дальневосточный федеральный округ (54%, в т.ч. Амурская область – 10%).

### 1.5.4.2 Динамика цен на серебро

Согласно предварительным оценкам Thomson Reuters,13 общее предложение серебра на рынке по итогам 2016 г. снизилось на 3,2% до 1012,4 млн унций. В том числе добыча серебра в 2016 г. снизилась на 0,6% до 887,4 млн унций. В дальнейшем отраслевыми специалистами ожидается снижение мирового объема добычи серебра, а результаты предыдущего 2015 г. рассматриваются как локальный максимум.

Спрос на серебро снизился опережающими темпами – на 9% до 1064,6 млн унций. В структуре спроса в наибольшей степени снизился спрос на серебро в качестве инвестиций в слитки и монеты (-24,1%) при том, что в 2015 г. в данном сегменте был зафиксирован рост на 23,8%. Снижение спроса со стороны ювелирного производства было обусловлено слабым спросом Азии. В структуре промышленного спроса сдерживающим фактором является продолжающаяся тенденция перехода от больших настольных компьютеров к малым мобильным устройствам. Поддерживает спрос развитие альтернативной энергетики (фотовольтаика), прежде всего за счет расширения мощностей в Китае.

Несмотря на снижение спроса, дефицит металла на рынке оценивается в 52,2 млн унций (или 4,9% от уровня предложения) и сохраняется 4-й год подряд. В результате среднегодовые цены на серебро в 2016 г. выросли на

9,4%. Таким образом, сменилась понижающаяся динамика среднегодовых цен на серебро, наблюдавшаяся последние 5 лет.

В России, по данным Минфина РФ, производство серебра в 2016 г.

снизилось на 12,3% до 1088,89 т (35 млн унций), из которых 56% – добычное серебро, 26% – попутное и 18% – вторичное серебро. Добыча практически полностью локализована в Дальневосточном федеральном округе (95%, в т.ч. Магаданская область – 56% или 339,1 т).15 Основным производителем является Полиметалл (29,2 млн унций или 83,4% от общего объема производства серебра в России).

### 1.5.4.3 Динамика цен на платину

Добыча платины в 2016 г., по данным Всемирного совета по инвестициям в платину (World Platinum Investment Council, WPIC), снизилась на 1,5% до 6100 тыс. унций. Снижение мирового объема добычи обусловлено снижением на 5% показателя добычи ЮАР, которая обеспечивает 70% мировой добычи платины. Остальные крупнейшие страны- производители сохранили положительную динамику: Зимбабве (+19%), Северная Америка (+6%). Россия, на которую приходится 12% мировой добычи (2-й мировой производитель) сохранила уровень добычи на уровне 2015 г.

В то же время за счет роста вторичной переработки на 9,1% общее предложение металла на рынке выросло на 0,8% до 7 956 тыс. унций. Объем вторичной переработки в 2016 г. на 66,2% был обеспечен переработкой автомобильных катализаторов, на 33,5% - ювелирным ломом, 0,3% - остальной промышленностью. При этом наибольший рост объема переработки показала переработка ювелирного лома (+21%).

Мировой спрос на платину практически не изменился – по итогам 2016 г. зафиксировано небольшое снижение на 0,06%. В структуре спроса снижение наблюдалось только в ювелирной промышленности (-11%), на которую приходится 31% мирового спроса, что связано со слабой активностью в Китае. Существенно вырос инвестиционный спрос со стороны ETF и розничных инвесторов. Спрос со стороны автомобильной промышленности (производство автомобильных каталитических нейтрализаторов) устойчиво растет и стимулируется ужесточением экологических стандартов (Евро 6, мошенничество с экологическими тестами Volkswagen).

На рынке продолжил сохраняться дефицит металла, который по итогам 2016 г. Составил 270 тыс. унций (3,4% объема предложения).

Цены на платину аналогично динамике цен на золото и серебро демонстрировали рост в начале периоде и снижение во второй половине года. Снижение обусловлено слабым спросом со стороны ювелирной промышленности и ожиданиями по сокращению доли дизельных автомобилей в Западной Европе.

В 2017 году ожидается сохранение дефицита металла на уровне 120 тыс. унций ввиду устойчивого спроса со стороны автомобильной промышленности и ожидаемого снижения объемов предложения металла на уровне 4%.17 В долгосрочной перспективе спрос на платину, а также палладий, будет поддержан ростом автомобильного спроса в Китае и Индии.

Основными факторами риска остается замедляющаяся динамика экономики Китая и рост выпуска электромобилей.

### 1.5.4.4 Динамика цен на палладий

Согласно данным российской компании – крупнейшего мирового производителя палладия ГМК Норильский Никель, предложение металла на рынке по итогам 2016 г. сократилось на 160 тыс. унций ввиду снижения объемов первичного производства и переработки вторичного сырья.

Основными факторами спроса на палладий в 2016 г., как и на платину, стал рост спроса со стороны автомобильной промышленности (рост выпуска количества автомобилей и увеличение расходы палладия на один автомобиль в связи с ужесточением экологических требований).

По результатам 2016 г. на рынке сложился дефицит палладия в объеме 300 тыс. унций, который был компенсирован продажами металла из ETF-фондов и прочих запасов.

Мировые цены на палладий в 2016 г. на фоне других драгоценных металлах продемонстрировали более устойчивую динамику восстановления, несмотря на снижение среднегодовых цен на палладий на 14,3%.

В 2017 г. ожидается увеличение дефицита металла ввиду роста промышленного потребления (до 2%) и стабильных объемов производства. Сохранятся риски сокращения предложения со стороны южноафриканских производителей. Ожидается, что отток металла из фондов ETF прекратиться, что должно способствовать росту цены на металл. В то же время фактором волатильности выступают значительные запасы палладия, что ограничит высокие темпы роста цены [7].

## 1.6 Характеристика вторичного сырья и отходов ювелирной промышленности

Одним из источников вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы, являются отходы и лом ювелирного производства.

Ювелирные отходы шлифовки, полировки, образуются в результате механического воздействия (измельчения) мелкодисперсных частиц сплава со шлифовальной, полировочной пастой. Все сметки с верстака – «верстачные сора», а также сметки с пола, или так называемые «половые крецы», в мастерских следует собирать и хранить, потому что в них содержатся благородные металлы.

Эти отходы обычно бывают смешаны с обломками форм, в которые

отливаются ювелирные изделия, а также с различными материалами, применяемыми для обработки изделия (наждак, песок и т.д.). Примером необогащенных порошков может быть сор, пыль с пола помещений ювелирных производств, где установлены шлифовальные круги. Пример обогащенного порошка – пыль мешочных фильтров [8].

### 1.7 Организация рабочего места ювелира

Организация рабочего места одно из важнейших условий качества труда, сокращение потерь драгоценных металлов и снижения утомляемости. Рабочим местом ювелира является верстак.

Для сборки отходов в процессе обработки изделий служит выдвижной металлический короб или кожаный фартук, под рабочей ячейкой верстака.

Для хранения изделий полуфабрикатов и отходов, каждый ювелир имеет металлический ящичек (гофт) с закрывающейся крышкой и опломбировывающийся личной печатью перед сдачей его на хранение. Для сбора и хранения отходов (опилок, стружек, обрезков и т.д.) должна быть баночка с плотно закрывающейся крышкой.

Уборка рабочего места по окончанию работы производится в следующем порядке. Изделия и детали из драгметаллов обметают щеткой и убирают в коробку для изделий. Инструменты обметают щеткой каждый в отдельности и убирают в отведенные для них места. Затем обметают всю верхнюю часть столешницы, и отходы сметают в короб. После обметания рук щеткой приступают к сбору отходов из короба. С этой целью сметают отходы со всей поверхности короба в кучку и заметают их на специальный совочек, изображенный на рисунке 2, из которого высыпают в банку для сбора отходов. Этот прием повторяют (3÷4) раза до максимально полного сбора отходов [9].

### 1.8 Сущность и основные понятия процессов шлифования и полирования ювелирных изделий

Шлифование и полирование относятся к отдельной группе методов обработки металлов резанием. Цель этой обработки состоит не в придании металлу определенной формы, как это имеет место при опиливании, фрезеровании, сверлении и т.п., а в том, чтобы придать готовым изделиям определенную чистоту поверхности и точные размеры [7].

Шлифование служит в основном для получения гладкой поверхности, формоизменение при этой обработке незначительно и играет второстепенную роль.

Полирование обеспечивает получение на гладкой, но матовой поверхности сильного металлического блеска (глянца). Между шлифованием и полированием нельзя провести резкой границы, так как оба процесса преследуют близкие задачи и во многом сходны друг с другом.

Процесс шлифования проще всего рассмотреть на примере работы

карборундового шлифовального круга. Он состоит из абразивного материала и связки. В данном случае это остроугольные, твердые карборундовые кристаллы, заключенные в связующее вещество и удерживаемые в нем. Схема процесса шлифования представлена на рисунке 1.

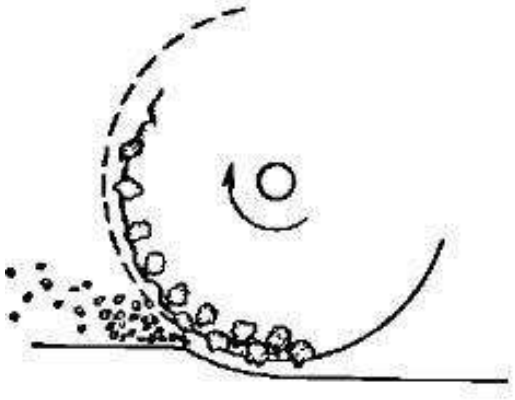


Рисунок 1 – Схема процесса шлифования

Сущность процесса полирования заключается в удалении с поверхности металла микронеровностей, чем достигается высокий класс чистоты и зеркальность поверхности. Полирование – один из отделочных процессов обработки изделий, но не всегда последний. Ювелирные изделия могут подвергаться полированию перед оксидированием, перед покрытием слоем другого металла. Если изделия после сборки нельзя отполировать целиком, некоторые детали их полируются в процессе монтировки. В основном применяются два вида полирования изделий: механическое и электрохимическое. Механическим называют поштучное полирование изделий с абразивом и без него. Массовые же способы полирования – в барабанах и контейнерах, несмотря на то, что они фактически тоже механические, называются – галтовкой и виброобработкой.

Механическое полирование. Механическое абразивное полирование проводят на полировочных станках с помощью эластичных кругов и щеток с абразивными пастами, а безабразивное – вручную, специальными полировками. Для абразивного полирования ювелирных изделий применяют одношпиндельные и двухшпиндельные станки, оснащенные насадками для крепления полировального инструмента и вытяжными устройствами со сборниками отходов для последующего извлечения драгоценных металлов. Двухшпиндельный полировальный станок представлен на рисунке 2. Мощность электродвигателей станков может быть в пределах (0,5÷1,1)кВт. Скорость вращения вала 3000 об/мин.

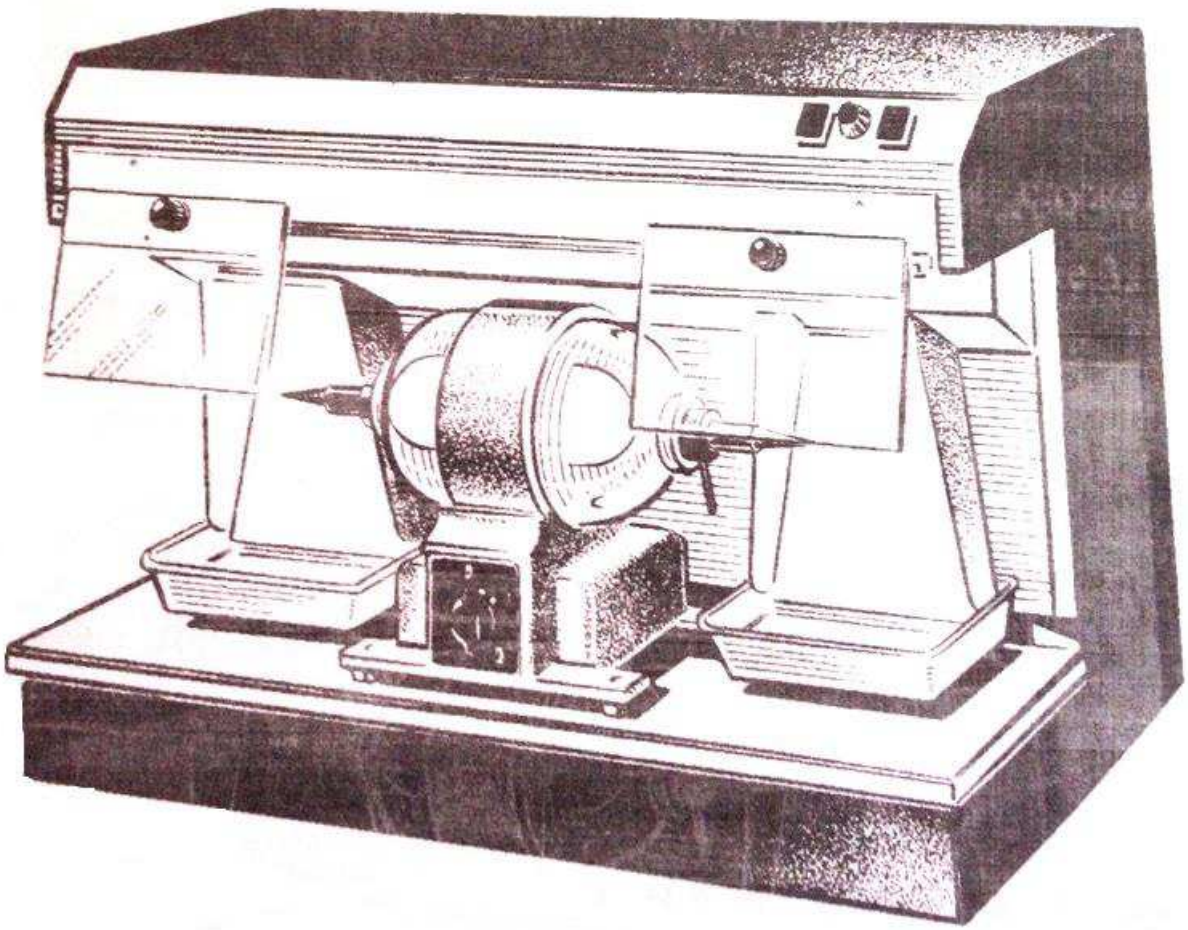
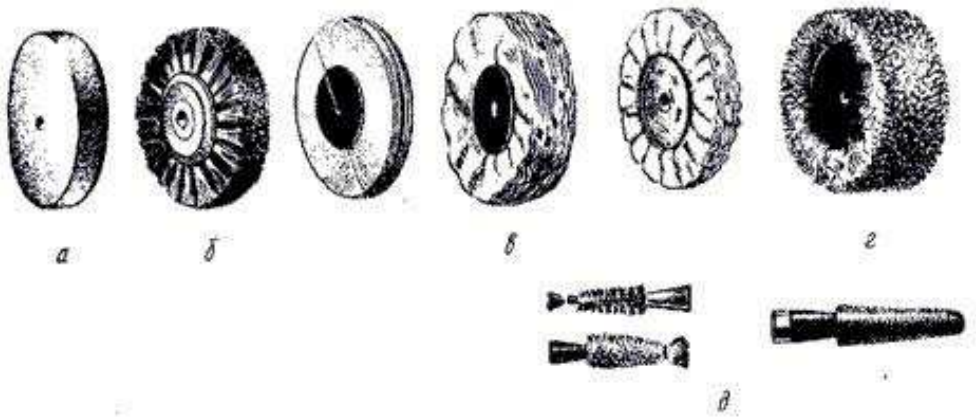


Рисунок 2 – Двухшпиндельный полировальный станок

Инструментами для механического полирования служат эластичные круги и щетки. Полировальные круги представлены на рисунке 3.




а – фетровый, б – волосяной (щетка), г – нитяный, д – для внутреннего полирования колец.

Рисунок 3 – Полировальные круги

Материалы кругов должны хорошо удерживать на поверхности абразивные пасты и быть прочными в эксплуатации. Назначение полировочного инструмента зависит от материала, из которого он сделан, и его формы.

Фетровые круги (фильцы) – применяют для первоначального полирования гладких, ровных и выпуклых поверхностей. Это высококачественный полировальный инструмент, очень стойкий в эксплуатации, его твердость зависит от грубошерстности материала. Размер кругов определяется их внешним диаметром. Фетровый круг благодаря имеющемуся в центре отверстию наворачивается на конусно–винтовую насадку шпинделя полировального станка.

Волосяные круги (дисковые щетки) – служат для полирования ювелирных изделий сложной конструкции с ажурной и рельефной поверхностью. Дисковая щетка имеет деревянную основу – опорный деревянный диск, на котором по всей окружности укреплены торчащие волосяные кисти. Эластичность щетки определяется жесткостью и длиной волоса. Увеличить жесткость щетки можно, укоротив длину волосяного покрова. Крепятся волосяные круги на полировальном станке так же, как и фетровые.

Матерчатые круги – служат для окончательного полирования (наведения блеска). Представляют собой сделанные из материала диски, собранные в пакеты. В качестве материала могут использоваться: бязь, миткаль, полотно, фланель. Собранные в пакет диски закрепляют между деревянными щетками с осевым отверстием. При сборке пакета целесообразно использовать несколько прокладок из дисков меньшего диаметра, это улучшает вентиляцию круга и увеличивает срок его службы. Жесткость кругов можно регулировать прошиванием дисков (сшиванием между собой): чем меньше расстояние между строчками прошива, тем жестче круг. Матерчатые круги – самые универсальные, в зависимости от подобранного материала и нанесенной пасты ими можно полировать поверхность любого вида и любой чистоты.

Нитяные круги (пушок) – применяются, также, как и матерчатые, для наведения глянца на поверхности изделия. По конструкции напоминают волосяные, разница в том, что вместо волосяного покрова у них покров нитяный. Нитяные круги очень мягкие.

Все перечисленные выше круги используются как станочный инструмент.

На поверхность каждого вращающегося круга наносят полировочные (абразивные) пасты. Зернистость пасты выбирается в зависимости от стадии полирования изделий (начальной или конечной). Полировочные пасты содержат тонкие абразивные порошки, жировые связки и специальные добавки. Абразивным материалом служат: оксид хрома, крокус (оксид железа), микропорошки корунда. В качестве связок в пастах используют стеарин, парафин, животные технические жиры. Специальными добавками

являются: двууглекислая сода и олеиновая кислота, которые вводятся для активации процесса полирования, скипидар и керосин – для изменения вязкости. Пасты на основе оксида хрома имеют зеленый цвет, а на основе оксида железа – красный. Для предварительного полирования используют пасты с абразивом зернистостью от 28 до 10 мкм, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Полировочные пасты предварительного полирования

| Компоненты | Содержание, % | | |
|---|---|---|---|
| | Грубая | средняя | тонкая |
| Оскид хрома (зернистость 28-10) | 78,0 | 73,0 | – |
| Парафин | – | – | 7,0 |
| Оксид железа | – | – | 74,0 |
| Стеарин | 10,0 | 25,0 | 15,0 |
| Керосин | 2,0 | – | – |
| Кислота олеиновая | – | 2,0 | 4,0 |
| Животный жир (технич.) | 10,0 | – | – |

Окончательное полирование (глянцовка) производится пастами с абразивом зернистостью от 7 до 5 мкм, представленными в таблице 3.

Таблица 3 – Полировочные пасты окончательного полирования

| Компоненты | Содержание, % | | |
|---|---|---|---|
| | грубая | средняя | тонкая |
| Оксид хрома (зернистость 7 и менее) | 71,5 | – | – |
| Оксид железа | – | 74,2 | 49,0 |
| Парафин | 4,7 | – | 8,0 |
| Стеарин | 21,7 | 24,8 | 18,0 |
| Керосин | – | – | – |
| Кислота олеиновая | 2,1 | 1,0 | |
| Животный жир (технич.) | – | – | 25 |

Перечисленные пасты выпускаются в твердом состоянии. Наносятся они на полировальные круги во время вращения круга легким касанием поверхности круга пастой [8].

### 1.9 Шлифующие и полирующие материалы

Оксид алюминия – $AlO_3$ (корунд). Это соединение встречается в природе в виде рубина и сапфира. Кроме того, натуральный корунд обнаруживается в виде зернистых вкраплений в пустой породе. Твердость его по Моосу НМ равна девяти.

Наждак. Это минерал темно–серого, иногда черного цвета, состоящий приблизительно из 65 % $AlO_3$, смешанной с магнетитом, гематитом, пиритом и кварцем. Твердость составляет от 6 до 8.

Диоксид кремния – $SiO_2$. Кварц является чистой формой кристаллизованной двуокиси кремния (кремниевого ангидрида), в природе он встречается в различных минералах. Имеет твердость НМ равную 7. В виде кварцевой муки или песка он используется для изготовления наждачной бумаги и в пескоструйных аппаратах, в виде порошка и паст – для чистки предметов домашнего обихода. Кремнезем весьма распространен в природе. Добытый в карьерах желтоватый песок промывается, прокаливается и размазывается. Конечным продуктом переработки является трепел, который используется в качестве основы для различных абразивных материалов.

Оксид железа – $Fe_2O_3$. Красный железняк (гематит) является естественной формой окиси железа. Этот серо–стальной камень используется для ручного полирования.

Оксид хрома – $Cr_2O_3$. Порошок окиси хрома образует зеленую политуру. Она особенно хорошо подходит для обработки твердых металлов. Окись хрома изготовляется исключительно искусственным путем.

Диоксид олова – $SnO_2$. Этот серый порошок образуется при сжигании олова. Из-за небольшой твердости и мелкозернистого строения он применяется в качестве утонченного полировального средства для изящных изделий.

Оксид цинка – ZnO. По виду и применению она соответствует двуокиси олова.

Оксид магния – MgO (магнезия). Белый хлопьевидный порошок магнезии, является особо мягким полировочным средством. Вместе с окисью алюминия, венской известью и другими добавками он образует белую политру.

Карбонат кальция – $CaCO_3$ (известь). Отмученный мел получается их натурального мела, который образовался путем отложения маленьких морских животных с известковым панцирем. Выветрившийся мел перемешивается и размалывается. Таким образом получают основу для различных полировальных паст и порошков [9].

### 1.10 Обработка соров, и половых тигельных крецов ювелирного производства

Все сметки с верстака – «верстачные сора», а также сметки с пола, или так называемые «половые крецы», в мастерских следует собирать и хранить, потому что в них содержатся благородные металлы. В больших мастерских и фабриках устилают пол треугольными планками, обращенными острым ребром вверх, благодаря чему пыль и сор, приставшие к обуви, большей частью отделяются от последней и попадают в пространство между планками, откуда они выметаются и хранятся в особых помещениях. В

больших мастерских, кроме того, рабочим дают свою одежду, в которую они на время работы переодеваются, а по окончании работы снова снимают и оставляют в мастерской; такая рабочая одежда сохраняется; ее потом сжигают, а из собранной золы извлекают золото и серебро.

Верстачные сора и половые крецы обрабатываются таким образом: сначала их слабо прокаливают на железном листе с загнутыми краями, при этом пыль, грязь, жир, кусочки дерева, угля, бумаги и материи сгорают; после прокаливания их толкут в ступке в порошок, который затем отмучивают водой, чтобы отделить примеси: глину, песок, кусочки кирпича от металлических частиц. Для отмучивания берут деревянное корыто, кладут в него сора и крецы и наполняют корыто до краев водою; хорошо перемешивают воду, дают ей немного отстояться и приподнимают один конец корыта, при этом часть воды перельется через край; затем доливают корыто водой, снова ее перемешивают, снова дают немного отстояться, снова приподнимают один конец корыта и сливают часть воды. Такую работу повторяют много раз; при каждом сливании воды уносится некоторая часть землистых примесей, в то время как металлические частицы, как более тяжелые, остаются на дне корыта. Таким образом, сора и крецы почти начисто освобождаются от землистых примесей. Затем сора и крецы хорошо просушивают и с помощью магнита выделяют из них железные и стальные частицы (опилки, гвоздики, обрезки железа и проч.) [9].

### 1.11 Обработка шлифов и шламов ювелирного производства

Шлифом называется тонкий порошок, получающийся при шлифовке золотых и серебряных изделий; этот порошок содержит частицы камней, которыми производилась шлифовка, и частицы золота и серебра. Под шламом разумеют тонкий осадок, получающийся в той воде, в которой рабочие моют руки и в которой обмывают шлифуемые золотые и серебряные изделия. В больших мастерских промывные воды сливают в одну бочку; на половине высоты этой бочки делается отверстие, закрываемое пробкой, в которую вставлена трубка с краном. Когда бочка наполнится доверху, и вода хорошо отстоится, открывают кран и спускают воду до высоты пробки, и так повторяют до тех пор, пока на дне бочки соберется достаточное количество осадка. Осадок вынимают из бочки, высушивают, слегка прокаливают.

С промывными водами еще поступают таким образом: в верхней части бочки делают решетку, на которую кладут кусок холста или парусины, на него – слой древесных опилок, на опилки опять кусок холста; одним словом, делают фильтр, состоящий из трех слоев холста и трех слоев опилок; на верхний слой опилок кладут слой войлока. Промывные воды, проходя через такой фильтр, освобождаются от мельчайших частиц металла и камней и поступают совершенно светлыми в нижнюю часть бочки, откуда они через кран выливаются как ненужные [8].

## 2 Технологическая часть

Выбор эффективных технологических схем переработки вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы, определяется, в первую очередь, составом сырья и ассортиментом выпускаемой продукции.

На ООО «Вариант-М» разработана технологическая схема переработки отходов ювелирного производства содержащих благородные металлы.

### 2.1 Характеристика предприятия ООО «Вариант-М»

Предприятие ООО "Вариант-М" находится в г. Красноярске, Сухая Балка, ул.Степная, 1–а. Оно занимается переработкой вторичного сырья, а также осуществляет сбор и переработку вторичного сырья благородных и редких металлов. Предприятия такого типа способны перерабатывать сложные виды вторичного сырья.

Предприятие состоит из следующих помещений:

1.Участок приема, взвешивания и сортировки сырья (приборы, микросхемы и тому подобное). Сортировку проводят исходя из содержания ценных компонентов и методов переработки сырья;

2.Участок первичной разборки (на данном участке происходит извлечение из плат, корпусов драгоценных металлов);

3.Участок обогащения. Проводим подготовку сырья к дальнейшей переработке (обжиг, дробление, измельчение, просеивание и так далее);

4.Склад хранения отсортированного сырья;

5.Склад хранения реагентов;

6.Участок для проведения гидрометаллургических операций (выщелачивание, осаждение, фильтрация) с целью получения обогащенного продукта, содержащего благородные и редкие металлы. Она оборудована стеллажами для хранения реагентов и ёмкостей, а также вытяжкой;

7.Склад для приема, взвешивания и хранения готовой продукции;

8.Административные помещения: кабинет директора, кабинет экономиста;

9.Помещение отдыха и приема пищи.

Основные виды сырья, перерабатываемые на предприятии:

1.Фоторастворы;

2.Катализаторы, содержащие платиновые металлы;

3.Лом электротехники, радиотехники, оргтехники.

Фоторастворы содержат от 1 до 10 г/л серебра. Серебро осаждается из растворов порошком Zn или $NaBH_4$. Готовым продуктом является порошок, содержащий от 40 до 80 % серебра.

Отработанные катализаторы с содержанием платины или палладия от 0,1 до 2% не перерабатываются, а отправляются на аффинажное предприятие.

Лом электроники поступает либо в первично переработанном виде

(платы, отдельные изделия), либо в виде неразобранных приборов. При поступлении приборов в неразобранном виде сначала осуществляется их демонтаж. Части, не содержащие драгоценные металлы, утилизируются на предприятия по сбору черных или цветных металлов, либо на свалки или полигон (стекло, пластик). Части, которые содержат благородные металлы, поступают на участок первичной разборки. На данном участке происходит извлечение из плат корпусов и т.д. На этом же участке происходит преимущественно извлечение элементов электроники, содержащие золото, платиновые металлы и богатые по серебру (больше 5 %) элементы.

Сырье, содержащее благородные металлы в небольшом количестве, после выемки богатых элементов, комплектуется в партии. Оценивается содержание благородных металлов, и материал в пятитонных контейнерах отправляется на Кировоградский медеплавильный завод.

Элементы электроники, содержащие благородные металлы:

- реле;
- транзисторы;
- металлические, керамические и пластиковые микросхемы;
- разъёмы;
- переменные сопротивления;
- конденсаторы.

Данные элементы извлекаются из приборов и плат методами: срезки, выпаивания, скусывания и формируются по видам, типам и содержанию благородных металлов. В таких типовых изделиях содержание благородных металлов составляет от 0,1 до 5 %.

Ряд изделий, например, керамические конденсаторы, содержащие от 1 до 4 % палладия и до 1 % платины, обжигаются и отправляются на Красноярский завод цветных металлов. Основная часть изделий проходит более глубокую переработку с целью повышения содержания благородных металлов.

Для обогащения выделенных элементов используют механические, физические и химические методы. К механическим методам относятся: дробление и измельчение. К физическим методам, применяемым на предприятии, относятся: рассев по крупности, магнитная сепарация, воздушная сепарация. Метод изъятия полезных компонентов применяется для реле, переменных сопротивлений.

## 2.2 Технологическая схема переработки отходов ювелирного производства

Технологическая схема переработки отходов ювелирного производства представлена на рисунке 4.

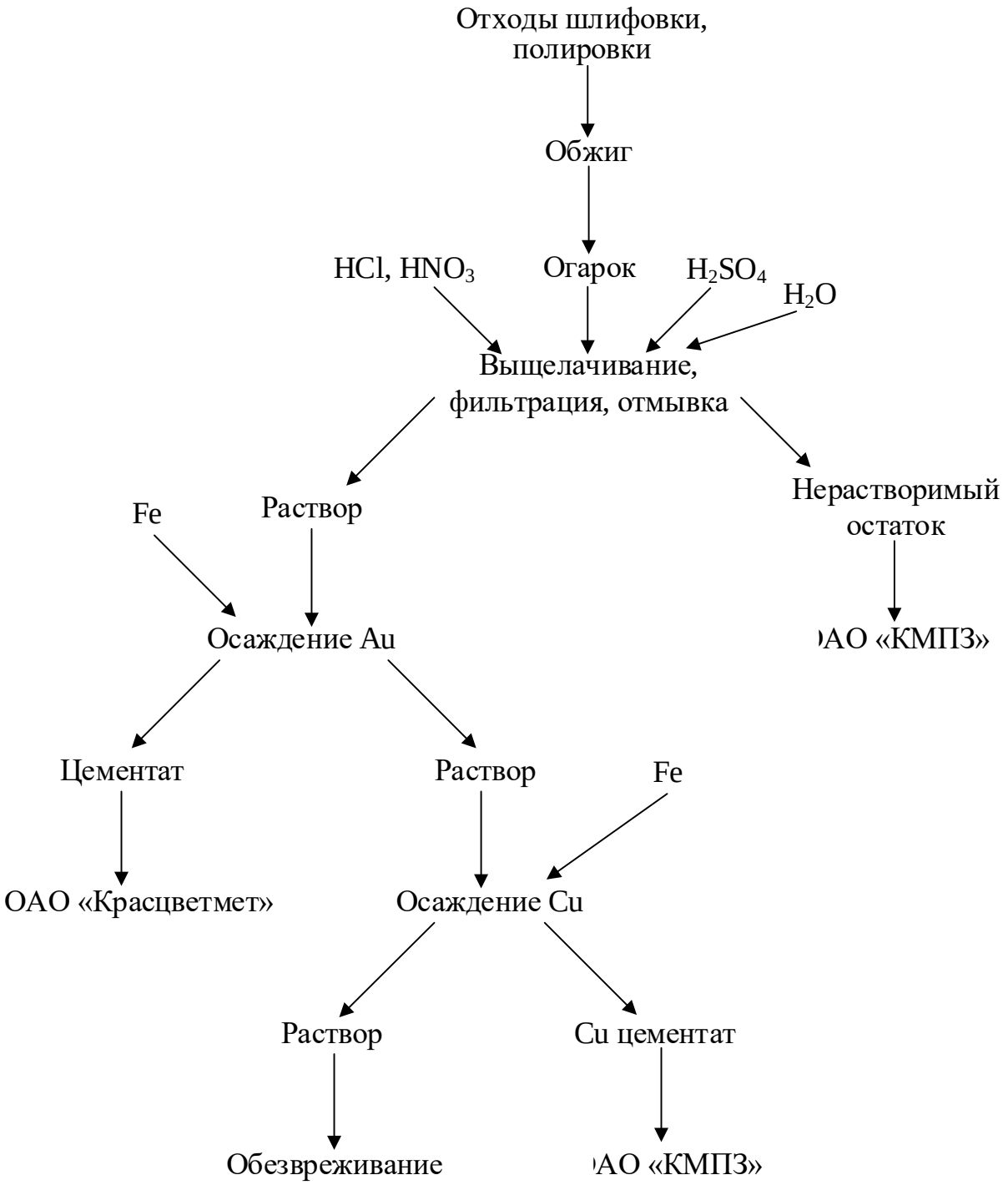



Рисунок 4 – Технологическая схема переработки отходов ювелирного производства

К одному из видов вторичного сырья относятся отходы ювелирного производства: отходы шлифовки, полировки.

Отходы шлифовки и полировки содержат значительное количество органики, поэтому их отправляем на обжиг в муфельной печи. Температура обжига 500°С, продолжительность обжига 2 часа. Выход огарка обжига отходов шлифовки составляет 60 %, выход огарка обжига отходов полировки 30 %. Отходы шлифовки после обжига по данным практики содержат: до 8 %

золота, до 2 % серебра и до 4 % железоникелевый сплав.

Огарки отходов шлифовки и полировки отправляем на выщелачивание благородных металлов в смеси кислот. Температура процесса (60÷70)°С. Выщелачивание ведем в титановой емкости на 40 л. Продолжительность процесса 3 ч.

Огарки выщелачиваем в смеси соляной, серной и азотной кислот. Для обеспечения полноты протекания процесса берем избытки соляной и серной кислот – 200% от стехиометрии, азотной – 50%. Золото в виде комплексного соединения $HAuCl_4$, переходит в раствор, серебро при взаимодействии с соляной и азотной кислотой выпадает в осадок в виде AgCl. Медь взаимодействует с серной кислотой (избыток 200 %) и азотной кислотой, переходит также в раствор.

Основные реакции процесса выщелачивания:

$$Au+4HCl+HNO_3 = HAuCl_4+NO+2H_2O \quad (1)$$

$$Ag+HCl+HNO_3 = AgCl\downarrow+NO_2+H_2O \quad (2)$$

$$5Cu+5H_2SO_4+2HNO_3 = 5CuSO_4+N_2+6H_2O \quad (3)$$

Основой нерастворимого остатка является абразивная составляющая: оксиды хрома, алюминия и кремния. Нерастворимый остаток отправляем на Кировоградский медеплавильный завод, где доизвлекают Au и Cu.

Полученную пульпу отфильтровываем и тщательно отмываем на фильтре водой, для полного удаления растворенного золота. Согласно практике процесса, остаточное содержание золота в нерастворимом остатке не превышает 0,01%, т.е. достигается его извлечение в раствор не менее 98,2%. Концентрация золота в полученном растворе составляет (20÷40) г/л

Этот раствор мы отправляем на осаждение золота и меди порошком железа.

Основные реакции осаждения золота порошком железа:

$$2HAuCl_4 + 3Fe = 2Au + 2HCl + 3FeCl_2 \quad (4)$$

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu \quad (5)$$

$$2HNO_3 + H_2SO_4 + Fe = FeSO_4 + 2NO_2 + 2H_2O \quad (6)$$

Процесс ведут при температуре (50÷71)°С и параметром окончания процесса является достижение окислительно–восстановительного потенциала пульпы – (500÷550) мВ.

Полученный цементат, содержит не менее 98 % золота. И его после сушки передают на переработку по наиболее выгодному прейскуранту на ОАО «Красцветмет».

После осаждения золота получаем раствор, содержащий серную, соляную кислоты, и железо, который отправляем на обезвреживание [8]:

Реакции обезвреживания:

$$FeSO_4+Ca(OH)_2 = CaSO_4\downarrow+Fe(OH)_2\downarrow \quad (7)$$

$$FeCl_2+Ca(OH)_2 = CaCl_2+Fe(OH)_2\downarrow \quad (8)$$

## 3 Металлургические расчеты технологической схемы переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства

### 3.1 Обжиг отходов шлифовки и полировки

Обжиг проводится с целью удаления неметаллических составляющих.

В составе огарка содержатся металлы: золото, серебро, медь и оксиды алюминия и хрома.

Состав огарка представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Состав огарка после обжига

| Элемент | Au | Ag | Cu | $Al_2O_3 + Cr_2O_3$ |
|---|---|---|---|---|
| Огарок, % | 7,25 | 1,8 | 4,0 | 86,95 |
| Огарок, кг | 10,88 | 2,7 | 6 | 130,43 |

### 3.2 Выщелачивание огарков шлифовки и полировки

Реакции выщелачивания (9÷11):

$$Au + 4HCl + HNO_3 = HAuCl_4 + NO_2 + 2H_2O \quad (9)$$

$$Ag + HCl + HNO_3 = AgCl + NO_2 + H_2O \quad (10)$$

$$5Cu + 5H_2SO_4 + 2HNO_3 = 5CuSO_4 + N_2 + 6H_2O \quad (11)$$

Рассчитаем расход кислот и продуктов выщелачивания отходов шлифовки и полировки ювелирного производства.

Проведем основной расчет по реакциям:

$$Au + 4HCl + HNO_3 = HAuCl_4 + NO + 2H_2O$$

| Au – 4HCl | Au – $HNO_3$ | Au – NO |
|---|---|---|
| 196,97 – 145,8 | 196,97 – 63 | 196,97 – 30 |
| 10,88 – X | 10,88 – X | 10,88 – X |
| X = 8,05 кг HCl | X = 3,48 кг $HNO_3$ | X = 1,66 кг NO |

$$Ag + HCl + HNO_3 = AgCl + NO_2 + H_2O$$

| Ag – HCl | Ag – $HNO_3$ | Ag – $NO_2$ | Ag – AgCl |
|---|---|---|---|
| 107,87 – 36,45 | 107,87 – 63 | 107,87 – 46 | 107,87 – 143,32 |
| 2,7 – X | 2,7 – X | 2,7 – X | 2,7 – X |
| X = 0,91 кг HCl | X = 1,58 кг $HNO_3$ | X = 1,15 кг $NO_2$ | X = 3,59 кг AgCl |

$5Cu + 5H_2SO_4 + 2HNO_3 = 5CuSO_4 + N_2 + 6H_2O$

| $5Cu – 5H_2SO_4$ | $5Cu – 2HNO_3$ | $5Cu – N_2$ |
|---|---|---|
| 317,5 – 490,3 | 317,5 – 126 | 317,5 – 28 |
| 6 – X | 6 – X | 6 – X |
| X = 9,27 кг $H_2SO_4$ | X = 2,38 кг $HNO_3$ | X = 0,53 кг $N_2$ |

Массы продуктов выщелачивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Массы продуктов выщелачивания

| Элемент | Масса растворяемого элемента, кг | Масса HCl, кг | Масса $HNO_3$, кг | Масса $H_2SO_4$, кг | Масса $NO_2$, NO, кг |
|---|---|---|---|---|---|
| Au | 10,88 | 8,05 | 3,48 | – | 1,66 |
| Ag | 2,7 | 0,91 | 1,58 | – | 1,15 |
| Cu | 6 | – | 2,38 | 9,27 | 0,53 |
| Итого | 19,58 | 8,96 | 7,44 | 9,27 | 3,34 |

Для обеспечения полноты протекания процесса берем избытки кислот: HCl – 200 %, $HNO_3$ – 50 %, $H_2SO_4$ – 200 % от стехиометрии.

Произведем перерасчет кислот на товарные:

Избыток HCl составляет 200 %, в перерасчете на килограммы получаем:

8,96 кг – 100 %

X – 200 %

X = 17,92 кг

Масса HCl с избытком составит: 8,96 + 17,92 = 26,88 кг.

Для растворения используем соляную кислоту с плотностью 1,17 г/см$^3$, содержащую 400 г/л HCl. Тогда для введения 26,88 кг HCl требуется:

1 л – 400 г/л

X л – 26880 г

X = 67,2 л HCl

Масса соляной кислоты составит: 67,2 л · 1,17 г/см$^3$ = 78,62 кг.

Избыток $HNO_3$ составляет 50 %, в пересчете на килограммы получаем:

7,44 кг - 100 %

X - 50 %

X = 3,72 кг

Масса $HNO_3$ с избытком составит: 7,44 + 3,72 = 11,16 кг.

Для растворения используем концентрированную азотную кислоту с плотностью 1,35 г/см$^3$, содержащую 768 г/л $HNO_3$. Тогда для введения 11,16 кг $HNO_3$ требуется:

1л - 768 г $HNO_3$

X л - 11160 г

X = 14,51 л $HNO_3$

Масса азотной кислоты составит: 14,51 л · 1,35 г/см$^3$ = 19,59 кг.

Избыток $H_2SO_4$ составляет 200 %, в перерасчете на килограммы получаем:

9,27 кг - 100 %

X - 200 %

X = 18,54 кг

Масса $H_2SO_4$ с избытком составит: 12,05 + 18,54 = 30,59 кг.

Для растворения используем серную кислоту с плотностью 1,85 г/см$^3$, содержащую 1726 г/л $H_2SO_4$. Тогда для введения 30,59 кг $H_2SO_4$ требуется:

1 л – 1726 г $H_2SO_4$

X л – 30590 г

X = 17,72 л $H_2SO_4$

Масса серной кислоты составит: 17,72 л · 1,85 г/см$^3$ = 32,78 кг.

В Н.О. переходит на 100% $Al_2O_3$+$Cr_2O_3$, т.е. в 150 кг огарка масса Н.О. составит 86,95 · 150 / 100 = 130,43 . Так же в Н.О. концентрируется на 100 % AgCl. Итого масса Н.О. составит: 130,43 + 3,59 = 134,02 кг.

Материальный баланс процесса выщелачивания огарка представлен в таблице 6.

Таблица 6 - Материальный баланс процесса выщелачивания огарка

| Поступило | | | Получено | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Продукт | Масса, кг | Объем, кг | Продукт | Масса, кг | Объем, л |
| Огарок | 150 | 60 | Раствор | 393,38 | 355,45 |
| HCl | 78,62 | 67,2 | Н.О. | 134,02 | 53,61 |
| $HNO_3$ | 19,59 | 14,51 | Газы | 3,59 | 0,37 |
| $H_2SO_4$ | 32,78 | 17,72 | | | |
| Вода | 250 | 250 | | | |
| Итого | 530,99 | 409,43 | Итого | 530,99 | 409,43 |

Плотность полученного раствора: 393,38 / 355,45 = 1,11 г/см$^3$

Концентрация HCl в растворе составляет: 17920 / 355,45 = 50,41 г/л

Концентрация $HNO_3$ в растворе составляет: 3720 / 355,45 = 10,47

Концентрация $H_2SO_4$ в растворе составляет: 18540 / 355,45 = 52,16

Состав раствора после выщелачивания огарка представлен в таблице 7.

Таблица 7 - Состав раствора после выщелачивания огарка

| Компонент | Au | Cu | HCl | $HNO_3$ | $H_2SO_4$ |
|---|---|---|---|---|---|
| г | 10880 | 6000 | 17920 | 3720 | 18540 |
| г/л | 30,61 | 16,88 | 50,41 | 10,47 | 52,16 |

Состав нерастворимого остатка представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Состав нерастворимого остатка

| Компонент | $Cr_2O_3 + Al_2O_3$ | AgCl |
|---|---|---|
| г | 130430 | 3590 |
| % | 97,32 | 2,68 |

### 3.3 Фильтрация и отмывка нерастворимого остатка

После фильтрации пульпы принимаем, что влажность нерастворимого остатка (н.о.) – 30%. Масса нерастворимого остатка = 134,02кг.

Масса влажного осадка:

70% - 134,02 кг

100% - X кг

X = 191,46 кг

Масса влаги осадка: 191,46-134,02=57,44 кг

При плотности раствора 1,1 г/см$^3$, объем влаги осадка составит:

57,44 / 1,1 = 52,22 л.

Во влаге осадка содержится:

52,22 · 30,61 = 1598,45 г/л Au;

52,22 · 16,88 = 881,47 г/л Cu.

Далее проводим отмывку нерастворимого остатка:

Степень отмывки (не менее 99%):

$E = 1 – (V_{вл} / (V_{вл} + V_{H2O})^n$

$V_{H2O}$ = 1m $H_2O$, т.е. 52,22л.

$E$ = 1*(52,22/(52,22+52,22)$^7$=1–0,008=0,992

Принимаем степень отмывки равную 7.

Перешло в промывные воды из влаги осадка:

1598,45 · 0,992 = 1585,66 г Au

881,47 · 0,992 = 874,42 г Cu

Осталось в осадке:

1598,45 - 1585,66 = 12,79 г Au

881,47 - 874,42 = 7,05 г Cu

Плотность Н.О. после процесса выщелачивания – 2,3 г/см$^3$.

Материальный баланс процесса фильтрации и отмывки нерастворимого остатка представлен в таблице 9.

Таблица 9 - Материальный баланс процесса фильтрации и отмывки нерастворимого остатка

| Поступило | | | Получено | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Продукт | Масса, кг | Объем, л | Продукт | Масса, кг | Объем, л |
| Осадок | 134,02 | 58,27 | Осадок | 134,02 | 58,27 |
| Раствор | 393,38 | 354,4 | Влага осадка | 52,22 | 52,22 |
| Вода | 365,54 | 365,54 | Раствор | 706,7 | 667,72 |
| Итого | 892,94 | 778,21 | Итого | 892,94 | 778,21 |

Плотность раствора 1,058 г/см$^3$.

Состав раствора после фильтрации и отмывки представлен в таблице 10.

Таблица 10 - Состав раствора после фильтрации и отмывки нерастворимого остатка

| Компонент | Au | Cu |
|---|---|---|
| г | 10867 | 5993 |
| г/л | 16,27 | 8,98 |

Количество золота в нерастворимом остатке после фильтрации и отмывки представлено в таблице 11.

Таблица 11- Количество золота в нерастворимом остатке после фильтрации и отмывки

| Количество Au | Нерастворимый остаток |
|---|---|
| г | 12,79 |
| % | 0,0095 |

### 3.4 Осаждение золота из раствора

Раствор после выщелачивания отправляем на осаждение Au порошком Fe.

Осаждение проводится до достижения ОВП раствора 500±20 мВ. При этом принимаем степень соосаждения меди 0%.

Масса раствора после выщелачивания отходов шлифовки и полировки составляет 706,7 кг, а объем равен 667,72 л.

Основные реакции процесса цементации:

$$2HAuCl_4 + 3Fe = 2Au + 2HCl + 3FeCl_2 \quad (12)$$

$$2HNO_3 + H_2SO_4 + Fe = FeSO_4 + 2NO_2 + 2H_2O \quad (13)$$

Рассчитываем необходимое количество порошка железа для осаждения золота из раствора выщелачивания:

$2HAuCl_4 + 3Fe = 2Au + 2HCl + 3FeCl_2$

2Au - 3Fe
706,7 - 167,4
10867 - X
X = 2574,13 г Fe

$2HNO_3 + H_2SO_4 + Fe = FeSO_4 + 2NO_2 + 2H_2O$

$HNO_3$ - Fe
63 - 55,84
7440 - X
X = 3297 г Fe

$HNO_3$ - $NO_2$
63 - 46
7440 - X
X = 2716 г $NO_2$

Масса компонентов продуктов цементации представлена в таблице 12.

Таблица 12 - Массы продуктов цементации

| Элемент | Масса осажденного элемента, кг | Масса Fe, кг |
|---|---|---|
| Au | 10,876 | 2,574 |
| $HNO_3$ | 3,72 | 3,297 |
| Итого | 14,596 | 5,871 |

В полученном цементате, содержится 10867г Au, содержание примесей (окалина) составляет 0,5 %.

Тогда масса цементата равна:

108671 - 99,5%
X - 100%
X = 109217,09 г (10,92 кг)

Состав цементата представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав цементата

| Компонент | Содержание, % | Масса, кг |
|---|---|---|
| Au | 99,5 | 10,876 |
| Примеси | 0,5 | 0,044 |

Остаточная концентрация Au в растворе < 0,5 мг/л. В расчете этой величиной пренебрегаем.

Принимаем плотность цементата равную 16 г/см$^3$.

Материальный баланс процесса осаждения золота порошком железа[10, 11] представлен в таблице 14.

Таблица 14 - Материальный баланс осаждения золота

| Поступило | | | Получено | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Продукт | Масса, кг | Объем, л | Продукт | Масса, кг | Объем, л |
| Раствор | 706,7 | 667,72 | Раствор | 698,061 | 667,51 |
| Fe | 5,871 | 0,84 | Цементат | 10,92 | 0,68 |
| | | | Газы | 3,59 | 0,37 |
| Итого | 712,571 | 668,56 | Итого | 712,571 | 668,56 |

### 3.5 Технико – экономическое обоснование процесса переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства

Огарок после обжига отходов шлифовки и полировки с содержанием золота 7% и содержанием серебра 1,8% можно реализовать на предприятие ОАО «Красцветмет» г. Красноярск.

Проанализируем прейскурант предприятия на переработку данного лома:

Из прейскуранта данного предприятия представленного в таблице 15, видно, что для данной группы сырья прямое извлечение золота в готовую продукцию составляет 98%, т.е. 2% потери. Стоимость переработки составляет 54 рубля за 1 грамм золота, прямое извлечение серебра в готовую продукцию составляет 65%, т.е. 35% потери, а стоимость переработки за 1 грамм серебра составляет 11,3 рубля.

Таблица 15- Прейскурант оплаты стоимости 1 грамма серебра, золота содержащихся в ломе и отходах принимаемых на ОАО «Красцветмет» г. Красноярск

| Металл | Аналитически установленное содержание металла в сырье, % | Цена в рублях за 1 грамм химически чистого металла(без учета НДС) | Извлечение металла, % | Потери металла, % |
|---|---|---|---|---|
| Серебро | 0,50 и менее | Не извлекается | Не извлекается | 100,00 |
| | 0,51÷2,00 | 11,30 | 65,00 | 35,00 |
| | 2,01÷5,00 | 5,10 | 85,00 | 15,00 |
| | 5,01÷25,00 | 3,50 | 92,00 | 8,00 |
| | 25,01÷85,00 | 2,70 | 97,00 | 3,00 |
| | 85,01 и более | 0,75 | 99,00 | 1,00 |
| Золото | 1÷10 | 54,00 | 98,00 | 2,00 |
| | 10,01÷30,00 | 37,00 | 99,50 | 0,50 |
| | 30,01÷50,00 | 6,25 | 99,50 | 0,50 |
| | 50,01÷85,00 | 5,00 | 99,90 | 0,10 |
| | 85,00 и выше | 5,00 | 99,95 | 0,05 |

$$m_{Au} = 10{,}88 * 0{,}98 = 10{,}66 \text{ кг}$$

Стоимость переработки Au составит; 10,66*54=575640 руб.

$m_{Ag} = 2700 * 0{,}65 = 1755$ кг

Стоимость переработки Ag составит; 1755*11,3=19831 руб.

Общая стоимость переработки составит: 575640+19831=595471 руб.

Оплата за Au по курсу ЦБ РФ составляет:10660*2891,42=30822537,2 руб.

Оплата за Ag по курсу ЦБ РФ составляет:1755*31,09=54562,95 руб.

Общая прибыль составит: (30822537,2+54562,95)-595471=30281629,15 руб.

По условиям договора из общей прибыли поставщик лома получает 90%, а переработчик 10%. Тогда:

Поставщик лома получит: 30281629,15*0,9=27253466,235 руб.

Переработчик получит: 30281629,15*0,1=3028162,915 руб.

Однако существует еще один вариант предусматривающий извлечение благородных металлов из отходов ювелирного производства по технологии предложенной в настоящей выпускной работе. В этом случае продуктами переработки являются золото технической частоты с содержанием золота 98% и Н.О. с содержанием золота 0,0095% и серебра 1% и более. Из анализов прейскурантов ООО «Красцветмет» видно, что для данной категории лома потери золота составляют всего 0,05% ,а стоимость его переработки 5 рублей за 1 грамм золота.

Поэтому предлагается реализация золота на ОАО «Красцветмет».

$m_{Au} = 10876 * 0{,}9995 = 10870{,}5$ г

Стоимость переработки Au составит; 10870,5*5=54352 руб.

Оплата за Au по курсу ЦБ РФ составляет:10870,5*2891,42=31431181,11 руб.

Общая прибыль за сдачу Au составит: 31431181,11-54352=31376829,11 руб.

Остаточное содержание золота в Н.О. всего 12,79 грамм, а серебра 2,7 кг., и это также может быть реализовано на предприятии по переработке

вторичного сырья АО «Уралэлектромедь» г. Кировград.

Из прейскуранта данного предприятия представленного в таблице 16, видно, что для данной группы сырья цена покупки за 1 грамм золота составляет 57%, от его стоимости по курсу ЦБ РФ. Стоимость серебра за 1 грамм составляет 71% от стоимости металла по курсу ЦБ РФ.

Таблица 16- Прейскурант оплаты стоимости 1 грамма серебра и золота содержащихся в ломе и отходах принимаемых на АО «Уралэлектромедь» г. Кировград

| Металл | Аналитически установленное содержание металла в сырье, % | Цена покупки в % от цены 1 грамма химически чистого металла |
|---|---|---|
| Серебро | 1,0 и более | 71,0 |
| | 0,5÷0,9999 | 66,0 |
| | 0,1÷0,4999 | 62,0 |
| | 0,005÷0,0999 | 45,0 |
| Золото | 1,0 и более | 75,0 |
| | 0,01÷0,0999 | 71,0 |
| | 0,003÷0,0099 | 57,0 |

Оплата за Au составляет:12,79*0,57*2891,42=21079,32 руб.

Оплата за Ag составляет:2700*0,71*31,09=59599,53 руб.

Общая прибыль за сдачу Н.О. составит: 21079,32+59599,53=80678,85 руб.

Общая прибыль за сдачу Au и Н.О. составит: 31376829,11+80678,85=31457507,96 руб.

По условиям договора из общей прибыли поставщик лома получает 90%, а переработчик 10%. Тогда:

Поставщик лома получит: 31457507,96*0,9=28311757,164 руб.

Переработчик получит: 31457507,96*0,1=3145750,796 руб.

Из данных видно, что извлекать благородные металлы из отходов ювелирного производства по данной схеме экономически выгодно.

# 4 Охрана труда

Разработка и освоение перспективных ресурсосберегающих технологий, связанных с переработкой различных отходов, позволяет существенно повысить экономическую эффективность и рентабельность производства. При этом обеспечивается извлечение ценных компонентов, а также улучшение экологической обстановки на предприятиях.

## 4.1 Безопасность жизнедеятельности в производственной среде

Безопасность – состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений. Цели и задачи безопасности жизнедеятельности включают в себя:

– идентификацию и описание зон воздействия опасностей техносферы и отдельных ее элементов (предприятия, машины, приборы и т.п.);

– разработка и реализация наиболее эффективных систем и методов защиты от опасностей;

– формирование систем контроля опасностей и управления состоянием безопасности техносферы;

– разработка и реализация мер по ликвидации последствий проявления опасностей.

Обеспечение безопасных условий труда работников, проектируемого участка переработки отходов ювелирной промышленности на ООО «Вариант - М» является одним из необходимых и важных условий, способствующих высокопроизводительному труду.

Обеспечением безопасных условий труда, внедрением новых средств и методов по предотвращению производственного травматизма занимается отдел охраны труда и техники безопасности (ОТиТБ).

Для обеспечения безопасных условий труда формируются предельно допустимые нормы концентрации вредных газов, паров, аэрозолей и пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений в соответствии с характером их воздействия на организм.

### 4.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Важной задачей является выявление опасных и вредных факторов технологического процесса, так как они могут привести к травмам или профессиональным заболеваниям.

В начале переработки отходов ювелирного производства проводится обжиг отходов в муфельной печи. При нарушении правил безопасности, при эксплуатации термического оборудования во время работы без индивидуальных средств защиты и специальной одежды возможно

получение термических ожогов.

В технологических процессах переработки ювелирных отходов применяются различные кислоты: азотная, серная и соляная.

При неправильной работе с ними в процессах выщелачивания, растворения или цементации могут возникнуть химические ожоги.

Возможно отравление через дыхательные пути и желудочно–кишечный тракт, во время нарушения режима вентиляции; при работе без индивидуальных средств защиты органов дыхания; при нарушении санитарных правил и правил личной гигиены на производстве.

Механические повреждения – в результате нарушения правил безопасности при работе с грузоподъемными механизмами, с реакционными аппаратами при наличии не огражденных частей и механизмов. Возможны при проведении каждого из вышеперечисленных процессов.

Поражение электрическим током – непосредственное прикосновение к токоведущим частям электрооборудования, в результате нарушения правил безопасности при эксплуатации электроустановок или по причине неисправности изоляции.

В процессе переработки на органы дыхания происходит воздействие промышленной пыли при работе с измельченными полупродуктами, сырьем, в виде порошка. При работе без индивидуальных средств зашиты органов дыхания, при работе без включенной вентиляции и системы пылегазоулавливания [12].

Анализ вредных производственных факторов производства участка по переработке переменных сопротивлений приведен в таблице 17.

Таблица – 17 Анализ опасных производственных факторов цеха (участка)

| Рабочее место или операция технологического процесса | Оборудование | Опасный (вредный) фактор, ед. измерения | Величина фактора | Норматив (безопасная величина) со ссылкой на ГОСТ, СНиП и т.п. |
|---|---|---|---|---|
| Обжиг | Муфельная печь | Газ CO<br>мг/м$^3$<br><br>Тепловое излучение<br>Вт/м$^2$ | 846 | 20<br>ГОСТ 12.1.005-01<br>350СН245-96 |
| Стадии выщелачивания, растворения и цементации | Емкости с кислотами | Газ<br>$NO_2$, мг/м$^3$<br>Кислоты<br>HCl<br>$HNO_3$<br>$H_2SO_4$, мг/м$^3$ | | 2<br>5<br>2<br>2<br>ГОСТ 12.1.005-01 |

### 4.1.2 Технические и организационные мероприятия по охране труда

Мероприятия по защите от вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызвать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе контакта с ним, так и в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Многие из химических веществ, применяемые в ювелирном деле, могут при неосторожном обращении с ними нанести телесные повреждения в виде ожогов кожи, поражений слизистой оболочки глаз, органов дыхания и другие, а также вызвать отравление организма.

Особенно опасным действием обладают цианиды – соли синильной кислоты. Опасными при несоблюдении мер предосторожности в обращении с ними являются часто используемые в ювелирной практике: азотная, серная, соляная кислоты.

В таблице 18 предоставлены кислоты, которые применяются в технологических процессах.

Таблица – 18 Используемые кислоты

| Кислота | ПДК, мк/м$^3$ | Класс опасности |
|---|---|---|
| Соляная | 5,0 | 2 |
| Азотная | 2,0 | 3 |
| Серная | 2,0 | 3 |

При нарушении режима вентиляции возможно выделение в атмосферу технологических участков вредных веществ, приведенных в таблице 19.

Таблица – 19 Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу

| Наименование вещества | ПДК, мк/м$^3$ | Класс опасности |
|---|---|---|
| Диоксид азота | 2,0 | 3 |
| Пары азотной кислоты | 2,0 | 3 |

Воздействие этих веществ на организм человека может вызвать химические ожоги глаз, органов дыхания и кожных покровов тела, бронхиты астмоидного характера, кожные заболевания. Так же они могут вызвать кашель, раздражение верхних дыхательных путей, слезотечение, появление металлического привкуса во рту. Диоксид азота и пары азотной кислоты раздражают легкие, вызывая их отек. Монооксид азота разрушает красные кровяные тельца. Нитриты сильно расширяют сосуды, снижают кровяное давление.

Отравление газами и токсичными пылями происходит через дыхательные органы, желудочно–кишечный тракт и через кожу, при нарушении режима вентиляции, при работе без индивидуальных средств защиты, при нарушении санитарных норм и правил личной гигиены. В качестве средств индивидуальной защиты органов дыхания применяют респираторы.

Для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях используют вентиляцию.

Электробезопасность. Повышение электробезопасности в установках достигается применением систем защитного заземления, зануления, защитного отключения, знаков безопасности и предупредительных плакатов и надписей.

Источником электрической опасности могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструмент, вычислительная и организационная техника, которая работает на электричестве.

Исход поражения человека электротоком зависит от многих факторов: силы тока и времени его прохождения через организм, характеристики тока (переменный или постоянный), пути тока в теле человека, при переменном токе – от частоты колебаний.

Электротравматизм составляет на производстве небольшой процент, но по числу тяжелых травм с летальным исходом поражение людей электрическим током занимает одно из первых мест.

Средства защиты:

- электрозащитные средства: изолирующие штанги (оперативные, для наложения заземления, измерительные); изолирующие клещи (для операций с предохранителями) и электроизмерительные; указатели напряжения, указатели напряжения для фазировки; изолирующие устройства

и приспособления для ремонтных работ; диэлектрические перчатки, боты, галоши, сапоги, изолирующие накладки и подставки, индивидуальные экранирующие комплекты; переносные заземления; оградительные устройства и диэлектрические колпаки, плакаты безопасности;

- средства индивидуальной защиты: очки, каски, противогазы, рукавицы предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты.

Мероприятия по защите от производственного шума. Шум механизмов возникает вследствие упругих колебаний. Источником шума на производстве являются станки по механической обработке металлов, прессы, дробилки, механизированный электрифицированный инструмент, внутризаводской транспорт, системы вентиляции, аэродинамические установки.

Причины возникновения шума: механические, аэродинамические и электрические явления, определяемые конструктивными и технологическими особенностями оборудования, а также условиями эксплуатации.

Для уменьшения механического шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, заменять ударные процессы на безударные, применять принудительное смазывание трущихся поверхностей, применять балансировку вращающихся частей.

Шум отрицательно влияет на организм, в особенности на центральную нервную и сердечно–сосудистую системы. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление.

Нормирование шума производят по ГОСТ 12.1.003-99 Шум. Действие человека. Нормирование.

Для уменьшения механического шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, заменять ударные процессы на безударные, применять принудительное смазывание трущихся поверхностей, применять балансировку вращающихся частей.

Так же снизить шум можно заменив:

- подшипники качения на подшипники скольжения (шум снижается 10…15 дБ);
- зубчатые и цепные передачи – клиноременными или зубчатоременными передачами;
- механические детали – деталями их пластмасс.

Методы снижения шума: установка звукоизолирующих и звукопоглощающих преград в виде экранов, перегородок, кожухов, кабин и др.

Организационные мероприятия. Организация обучения безопасности труда, инструктаж, проверка знаний должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.0.004–99.

Рабочие, поступающие на работу должны пройти медицинский осмотр. Все поступающие на работу, все практиканты, командированные на предприятие должны получить вводный инструктаж.

Все рабочие должны пройти на рабочем месте первичный инструктаж по безопасным методам работы. После прохождения первичного

инструктажа рабочие должны быть обучены безопасным методам работы. Обучение проводится по программам, утверждённых главным инженером предприятия и под руководством опытных рабочих. По истечении срока обучения рабочие должны пройти проверку знаний по безопасности труда в комиссии под председательством начальника цеха. Результаты проверки оформляются протоколом. Рабочие должны не реже одного раза в 6 месяцев проходить повторный инструктаж по безопасности труда. Внеплановый инструктаж проводят: при вводе в действие новых и переработанных в установленном порядке инструкций, при нарушении рабочими инструкции приводящей к травме, при переводе на другую работу, перерывы в работе более 30 календарных дней [13].

### 4.1.3 Индивидуальные средства защиты

Работники участка обеспечиваются спецодеждой, спецобувью и СИЗ по действующим «Типовым отраслевым нормам выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений рабочим и служащим предприятий цветной металлургии».

Рабочие, получившие средства индивидуальной защиты, должны быть проинструктированы о порядке пользования и ухода за ними.

Возле рабочих мест должны быть предусмотрены средства для оказания первой медицинской помощи и условия выполнения требований личной гигиены. В каждой бригаде должны быть выделены и обучены лица для оказаний первой помощи и выданы аптечки, укомплектованные необходимыми медикаментами и перевязочными материалами.

Проектируемый участок оснащен аварийным запасом фильтрующих противогазов с коробкой марки БКФ.

Принимать пищу и курить разрешается только в специально отведенных для этого местах.

Прием на работу лиц моложе 21 года запрещен.

### 4.1.4 Мероприятия по производственной санитарии

К системе социально-бытового обслуживания работников в организациях относятся: помещения здравоохранения, общественного питания, торговли, предприятий службы быта, культурно–массового обслуживания; санитарно–бытовые помещения: гардеробные, душевые, умывальные, уборные.

Состояние внутренних поверхностей цеха. Для достижения эффективного трудового процесса необходимо правильное расположение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы трудовых движений.

На работоспособность человека оказывают влияние факторы, удовлетворяющие эстетическим потребностям человека, поэтому

эстетическому оформлению производственных помещений уделяют определенное внимание. Применение светлых тонов при окраске стен повышает степень освещенности помещения.

Стены бытовых помещений окрашивают в голубой цвет, металлургическое оборудование – в серебристый цвет. Движущиеся части оборудования окрашивают в красный цвет; кнопки и рукоятки управления, опасные части машин и агрегатов – цветами техники безопасности (при этом учитывают требования ГОСТ 12.4.025–01. (Цвета сигнальные и знаки безопасности для промышленных предприятий).

В цехе проводится ежедневная влажная уборка: мытье полов, оборудования. Поддержка чистоты, порядка на территории цеха и на рабочих местах является серьезным условием безопасности труда.

Ежегодно на предприятии проводится зачистка, во время которой проводится косметический ремонт здания, зачистка оборудования, ремонт и обслуживание агрегатов и оборудования.

Система отопления. В холодный период обогрев помещений участка осуществляется системой батарейного отопления, теплоносителем в которой является горячая вода, поступающая с бойлерной станции завода. Дополнительный обогрев осуществляется за счет подачи подогретого воздуха системой приточно–вытяжной вентиляции.

Питьевое водоснабжение. Питьевой режим организован в виде фонтанчиков, наибольшая отдаленность от рабочего места – 6 м.

Санитарно-бытовые помещения. К числу бытовых относятся помещения для удовлетворения санитарных и бытовых нужд трудящихся во время работы [14].

### 4.1.5 Мероприятия по пожарной и взрывной безопасности

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранение материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла.

Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно–технические мероприятия.

Противопожарная защита обеспечивается:

– максимально возможным применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов;

– ограничением количества горючих веществ;

– изоляцией горючей среды;

– применением средств пожаротушения;

– применением средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре.

По степени пожарной опасности проектируемый цех относится к категории «Г» согласно ГОСТ 12.1004-91[11].

Строительные материалы и конструкции относятся к группе несгораемых. Здание относится ко второй категории огнестойкости. Противопожарная защита цеха соответствует типовым «Правилам пожарной безопасности для промышленных предприятий».

## 4.2 Охрана окружающей среды

В настоящее время на первый план выходит проблема охраны окружающей среды на предприятиях. Особое внимание уделяется создании малоотходных и безотходных производств, повышению эффективности производства, решению вопросов охраны природы и ресурсов. Ведь рациональное использование природных ресурсов имеет большое значение в оценке деятельности предприятий и находится под систематическим контролем со стороны министерства и его специальных подразделений.

В настоящее время возрос спрос на переработку вторичного сырья, и как следствие возросли объемы переработки этого сырья. Вопросы охраны природы от загрязнения твердыми промышленными отходами, газовыми выбросами и сточными водами приобрели в последнее время важнейшее значение.

### 4.2.1 Анализ промышленных загрязнений окружающей среды

Выполняя решение задачи охраны окружающей среды, на проектируемом участке будет уделяться большое внимание вопросам охраны природы.

В процессе переработки вторичного сырья образуются различные виды отходов: отходящие газы, пары, сточные воды, твердые отходы. Все эти отходы, если не использовать определенные меры по их ликвидации, вызывают загрязнение земель, воздушного и водного бассейнов [11].

### 4.2.2 Природоохранные мероприятия по защите атмосферы, гидросферы и литосферы

Охране природы на предприятии уделяется большое внимание. Основное значение в этой связи имеет устранение вредного воздействия технологических процессов на окружающую среду, для чего создано необходимое оздоровление условий труда на предприятии.

В результате выщелачивания компонентов, нерастворимые соединения (нержавеющая сталь, латунь) отправляют на КМПЗ, а оставшиеся после цементации металлов растворы обезвреживают и уже потом отправляют в сброс. Это делает производство безотходным, повышая технико–экономические показатели и более безопасным для окружающей среды [14].

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрены источники благородных металлов при переработке отходов ювелирного производства, показано, что основными компонентами являются отходы шлифовки, полировки.

Предложены технологии углубленной металлургической переработки отходов ювелирной промышленности с получением богатых продуктов золота, серебра, что предпочтительно с точки зрения экономики. По предложенным схемам приведены необходимые металлургические расчеты, в которых установлены расходы реагентов, количество и состав получаемых продуктов.

В разделе охраны труда рассмотрены вредные и опасные факторы производства и приняты меры по снижению их воздействия.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ


1 Котляр, Ю.А. Металлургия благородных металлов [Текст]: учебное пособие / Ю.А. Котляр, М.А. Меретуков. – М.: АСМИ, 2002. – 466с.

2 Золото, общая информация [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://allmetalls.ru/au.html

3 Букин, В.И. Переработка производственных отходов и вторичных сырьевых ресурсов, содержащих редкие, благородные и цветные металлы: учеб. пособие / В.И. Букин. – М.: Издательский дом “Деловая столица”, 2002. – 224 с.

4 Dowsing, R. Waste into presious metals: presious metals reclamation plant at Brimsdown / R. Dowsing. - Metals and materials, 1980. – PP. 36–42.

5 Brandt, D. Metallurgy Fundamentals: Ferrous and Nonferrous / D. Brandt. - Goodheart–Willcox Co, 2005. PP. 301 - 313.

6 Антонова, А.В. Состояние мирового рынка золота и перспективы развития: учеб. пособие / А.В. Антонова. – М.: Научная электронная библиотека, 2000. – 182с.

7 Бегларян, К.А. Тенденции на рынке драгоценных металлов: учеб. пособие / К.А. Бегларян, Л.Н. Сорокина. – М.: Гуманитарные научные исследования, 2017. – 186с.

8 Марченков, В.И. Ювелирное дело [Текст]: практ. Пособие / В.И. Марченков. – М.: Высш. шк., 1992. – 256с.

9 Бреполь, Э.А. Теория и практика ювелирного дела: учеб. пособие / Э.А. Бреполь, Л.А. Гутова, Г.Т. Оболдуева. – Л.: Машиностроение, 1982. – 384с.

10 Скорострелов, П.П. Приготовление растворов для химико–аналитических работ [Текст]: учеб. пособие / П.П. Скоростелев – М.: Издательство Академии наук, 1962. – 311с.

11 Правила безопасности при работе с кислотами [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://int-46.ucoz.ru/load/4-1-0-17

12 Система стандартов безопасности труда. [Текст] / М.; Госстандарт, 1999. – 12 с.

13 Богданова, Э.В. Безопасность жизнедеятельности в дипломном проектировании [Текст]: метод. указания для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения / Э.В. Богданова. – Красноярск: ГУЦМиЗ, 2005. – 36с.

14 Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда [Текст]: учеб. пособие для студентов средних проф. учеб. заведений / П.П. Кукин. – М.: Высш. шк., 2003. – 439с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра металлургии цветных металлов

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Н.В. Белоусова
подпись инициалы, фамилия

« 17 » 07 2019 г.

# БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

22.03.02 Металлургия
код и наименование направления

Извлечение благородных металлов из отходов ювелирного производства
тема

Руководитель 15.07.19 Ст. преподаватель Г.А.Соркинова
подпись, дата должность инициалы, фамилия

Выпускник 15.07.19 С.Е. Повелица
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2019

Продолжение титульного листа ВКР по теме: Извлечение благородных металлов из отходов ювелирного производства

Консультанты
по разделам:

| | | |
|---|---|---|
| Общая часть | 15.07.19 | Г.А.Соркинова |
| наименование раздела | подпись, дата | инициалы, фамилия |
| Технологическая часть | 15.07.19 | Г.А.Соркинова |
| наименование раздела | подпись, дата | инициалы, фамилия |
| Специальная часть | 15.07.19 | Г.А.Соркинова |
| наименование раздела | подпись, дата | инициалы, фамилия |
| Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды | 15.07.19 | Г.А.Соркинова |
| наименование раздела | подпись, дата | инициалы, фамилия |

| | | |
|---|---|---|
| Нормоконтролер | 17.07.19 | Н.В. Белоусова |
| | подпись, дата | инициалы, фамилия |

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра металлургии цветных металлов

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Н.В. Белоусова
подпись инициалы, фамилия

« 21 » 06 2019 г

**ЗАДАНИЕ**
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**
**в форме бакалаврской работы**
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту Повелица Софье Евгеньевне
(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗМЦ 14-01Б Направление 22.03.02 Металлургия
(код)

профиль подготовки 22.03.02.02 Металлургия цветных металлов
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Извлечение благородных металлов из отходов ювелирного производства

Утверждена приказом по университету № 9469/с от 21 июня 2019 г

Руководитель ВКР : Г.А. Соркинова, старший преподаватель каф. МЦМ ИЦМиМ СФУ
(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР Данные производственной практики, литературные данные

Перечень разделов ВКР Общая часть, технологическая часть, металлургические расчеты технологической схемы переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства, безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды

Перечень графического материала
11 слайдов

Руководитель ВКР _____ Г.А. Соркинова
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____ С.Е. Повелица
подпись инициалы и фамилия студента

«21» 06 2019 г

# РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Извлечение благородных металлов из отходов ювелирного производства» содержит 56 страниц текстового документа, 14 использованных источников, 19 таблиц, 14 реакций, 4 рисунка.

ОТХОДЫ ЮВЕЛИРНОГО ПРОИЗВОДСТВА, ЗОЛОТО, ИЗВЛЕЧЕНИЕ, ЦЕМЕНТАЦИЯ.

Объект переработки – отходы шлифовки, полировки ювелирного производства.

Цель переработки:

- анализ существующей технологии переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства;
- составление технологической схемы переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства;
- расчет материальных балансов процессов по предлагаемой схеме;
- экономическое обоснование предложенной схемы.

В результате по предложенной схеме проведены все металлургические расчеты, в которых установлены расходы реагентов, количество и состав полученных продуктов. В разделе безопасность жизнедеятельности произведен анализ опасных и вредных производственных факторов, рассмотрены технические и организационные мероприятия по охране труда. В разделе охраны окружающей среды рассмотрены Природоохранные мероприятия по защите атмосферы, гидросферы и литосферы.

## СОДЕРЖАНИЕ:


ВВЕДЕНИЕ 8
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ 10
1.1 Общие физико–химические свойства золота 10
1.1.1 Физические свойства золота 11
1.1.2 Химические свойства золота 11
1.2 Сбор вторичного сырья благородных металлов 12
1.3 Виды вторичного сырья и производственных отходов, содержащие редкие, благородные и цветные металлы 16
1.4 Практика зарубежных предприятий работающих по различным технологическим схемам переработки лома содержащего благородные металлы 17
1.5 Оценка рынка золота 20
1.5.1 Динамика потребления золота в мире 20
1.5.2 Основные отрасли потребители золота 20
1.5.3 Динамика производства, в том числе и вторичное сырье 21
1.5.4 Динамика цен на благородные металлы 21
1.5.4.1 Динамика цен на золото 22
1.5.4.2 Динамика цен на серебро 23
1.5.4.3 Динамика цен на платину 24
1.5.4.4 Динамика цен на палладий 25
1.6 Характеристика вторичного сырья и отходов ювелирной промышленности 25
1.7 Организация рабочего места ювелира 26
1.8 Сущность и основные понятия процессов шлифования и полирования ювелирных изделий 26
1.9 Шлифующие и полирующие материалы 30
1.10 Обработка соров, и половых тигельных крецов ювелирного производства 31
1.11 Обработка шлифов и шламов ювелирного производства 32
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 33
2.1 Характеристика предприятия ООО «Вариант-М» 33
2.2 Технологическая схема переработки отходов ювелирного производства 34
3 РАСЧЕТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ШЛИФОВКИ, ПОЛИРОВКИ ЮВЕЛИРНОГО ПРОИЗВОДСТВА 38
3.1 Обжиг отходов шлифовки и полировки 38
3.2 Выщелачивание огарков шлифовки и полировки 38
3.3 Фильтрация и отмывка нерастворимого остатка 41

3.4 Осаждение золота из раствора 42
3.5 Технико – экономическое обоснование процесса переработки отходов шлифовки, полировки ювелирного производства 44
4 ОХРАНА ТРУДА 47
4.1 Безопасность жизнедеятельности в производственной среде 47
4.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов 47
4.1.2 Технические и организационные мероприятия по охране труда 49
4.1.3 Индивидуальные средства защиты 52
4.1.4 Мероприятия по производственной санитарии 52
4.1.5 Мероприятия по пожарной и взрывной безопасности 53
4.2 Охрана окружающей среды 54
4.2.1 Анализ промышленных загрязнений окружающей среды 54
4.2.2 Природоохранные мероприятия по защите атмосферы, гидросферы и литосферы 54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 56