

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН**  
**НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ**  
**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

---

---

*На правах рукописи*  
**УДК 622.279.8**

**Норов Сухроб Насирович**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ  
ОТХОДОВ ЮВЕЛИРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность-5А520403 «Металлургия цветных и благородных металлов»

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**на соискание академической степени магистра технических наук**

Научный руководитель:

к.т.н., доц. Самадов А.У.

Работа рассмотрена на заседании  
кафедры №\_\_ от «\_\_»\_\_\_\_\_2012г.  
и рекомендуется к защите

\_\_\_\_\_ к.т.н. Донияров Н.А.

«\_\_» \_\_\_\_\_2012г

Допускается к защите:

Начальник отдела магистратуры

\_\_\_\_\_ к.т.н. доц. Нормуродов Т.И.

«\_\_» \_\_\_\_\_2012г.

**НАВОИ-2012**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>I. Особенности технологии ювелирной промышленности</b> .....	5
1.1. Современное состояние производства ювелирной промышленности.....	5
1.2. Проектирование и определение параметров сплавы драгоценных металлов.....	12
<b>II. Совершенствование технологического процесса производства ювелирной промышленности</b> .....	16
2.1. Используемые материалы в технологическом процессе ювелирной промышленности.....	16
2.2. Заготовительный процесс как основа производства ювелирной промышленности.....	17
2.3. Изготовление готовых изделий.....	54
<b>III. Переработка вторичного сырья, содержащего золото и серебро</b> .....	61
3.1. Характеристики вторичного золота и серебросодержащего сырья .....	61
3.2. Способы переработки вторичного золотосодержащего сырья....	65
<b>Список использованных литератур</b> .....	70

## ВЕДЕНИЕ

Ювелирная промышленность – один из ведущих отраслей народного хозяйства, выпускающая изделия из благородных металлов.

В настоящее время основным способом производство ювелирных изделий являются микро литье и автоматическое цепе вязание. Это наиболее дешёвый способ производство, позволяющий применять мощное высокопроизводительное оборудование.

Ежегодный объем производство ювелирной продукции в ювелирных отраслях промышленности увеличивается. Сейчас на предприятиях Республики перерабатывается более 400 кг чистого металла. Организация труда по графику цикличности, применение высокопроизводительной оборудование и применение ее в двух-трех смены позволяют в зарубежной практике достичь устойчивых скоростей по выпуску готовой продукции.

**Цель работы** состоит в обосновании оптимальных параметров процессов переработки отходов ювелирной промышленности зависящийся от физико-механических свойств сыпучих отходов (крецов).

**Идея работы** заключается в том, что параметры процессов переработки отходов в заводских условиях. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие основные задачи:

1. Определение технологических особенностей переработки (аффинаж) сыпучих шлиф отходов.
2. Обоснование оптимальных параметров аффинирование сыпучих отходов ювелирной промышленности.
3. Обоснование влияние основных факторов на технико-экономические показатели аффинирование сыпучих отходов ювелирной промышленности.

**Объектом исследования** является технология аффинирование сыпучих отходов ювелирных предприятиях.

**Научная новизна** выполненных исследований заключается в совершенствовании организации процессов переработки сыпучих отходов ювелирной промышленности.

, классификация сыпучих отходов в зависимости от физико-механических свойств и крупности сыпучих шлиф отходов ювелирной промышленности.

**Практическое значение работы** состоит в увеличении выпуска чистого металла и обеспечении их экономически эффективности.

**Апробация работы:** Результаты исследований представлены на научно-практической конференции одаренных студентов и магистров «Фан техника таракқиётида ёшлар» (Навои, 12 июня 2012 года).

Структура и объем диссертации: состоит из введения, \_\_ глав и заключения. Содержит \_\_\_\_ страниц, включая \_\_\_\_ иллюстрации \_\_\_\_ таблицы, список использованной литературы из \_\_\_\_ наименований.

Выражаю глубокую благодарность всем сотрудникам кафедры «Металлургия» за постоянную методическую помощь и ценные консультации при подготовке диссертации.

# 1. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ЮВЕЛИРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

## 1.1. Современное состояние производство ювелирной промышленности

К материалам, используемым в ювелирном деле относятся металлы и их сплавы, ювелирные камни и вспомогательные материалы.

### Металлы и сплавы

Металлы – это вещества, обладающие высокой прочностью, пластичностью, тепло – и электропроводностью, характерным блеском. Сплавы - тела, образовавшиеся в результате затвердевания жидких систем, состоящих их двух или нескольких компонентов.

Металлические сплавы могут состоять либо только из металлов, либо из металлов с небольшим содержанием неметаллов.

С древнейших времен из металлов и сплавов делали разнообразные орудия труда, оружие, предметы быта и многочисленные украшения. В наши дни роль металлов и сплавов неизмеримо возросла. Без них невозможно существование ни одной отрасли современного производства. Поэтому развитию металлургии, поискам новых сплавов уделяется огромное внимание. В лабораториях нашей страны создаются сплавы с заранее заданными свойствами, специально предназначенные для той или иной цели.

Все металлы в твердом состоянии имеют строгое кристаллическое строение. Атомы в кристаллах расположены в точном геометрическом порядке, они состоят из кристаллических ячеек трех типов: кубической объемно – центрированной, кубической гранецентрированной, и гексагональной.

Металлы делятся на две группы: черные и цветные. К черным металлам относятся железо и его сплавы, к цветным – все остальные. В группу цветных входят и благородные (драгоценные) металлы, они – основной материал для изготовления ювелирных изделий.

## Медь и ее сплавы

**Медь Cu** – металл красновато – розового цвета, обладает высокой тепло – и электропроводностью, пластичностью и тягучестью. Плотность ее 8,94; температура плавления  $1083^{\circ}\text{C}$ , твердость по Моосу 2,5 – 3. Из – за своей мягкости медь плохо обрабатывается режущим инструментом, однако хорошо полируется.

Находясь в сухом месте, медь покрывается тончайшей пленкой оксида меди, которая служит хорошей защитой от дальнейшего окисления. Во влажной среде покрывается зеленоватым налетом закиси меди, который тоже сохраняет ее от разрушения. Медь легко растворяется в азотной кислоте и в концентрированной серной кислоте при нагревании. В соляной кислоте растворяется только в присутствии кислорода.

Медь, обладая прекрасными физическими характеристиками, широко применяется почти во всех отраслях промышленности. В художественный промышленности медь употребляют для чеканных и филигранных работ, для изделий под эмаль и других поделок, в ювелирном производстве – для легирования сплавов благородных металлов.

Медь служит также основной для производства сплавов – латуней, бронзы, мельхиора, нейзильбера.

**Латуни** – медно – цинковые сплавы, содержащие до 45% цинка. Латуни значительно дешевле меди, причем чем больше в них цинка, тем они дешевле. Латуни обладают высокими механическими свойствами: легко поддаются пластической деформации, хорошо обрабатываются режущим инструментом и полируются. На открытом воздухе неустойчивы, быстро теряют блеск, темнеют. Легко растворяются в большинстве кислот. Плотность латуней 8,2 – 8,6; температура плавления  $900 - 1045^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 3 – 4. высокомедистые латуни - томпаки (содержание цинка до 20%) – близки по цвету к золотым сплавам. Их используют в художественной промышленности для изготовления сувенирных и

спортивных значков, декоративной посуды и дешевой ювелирной галантереи.

Латуни – основной материал, используемый при обучении ювелиров. Механические свойства латуней, содержащих от 30 до 40% цинка (марки Л62, Л68), сходны со свойствами золотого сплава 583 – й пробы.

**Бронзы** – медно – оловянистые сплавы, содержащие от 3 до 12% олова. В состав олова в зависимости от его назначения могут входить цинк, свинец, фосфор, никель.

Кроме оловянистых существуют и другие бронзы – алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, кадмиевые.

Плотность бронзы 7,5 – 8,8; температура плавления 1010-1140<sup>0</sup> С; твердость по Моосу 4 – 4,5. оловянистые бронзы отличаются хорошими литейными свойствами. Это было замечено людьми еще в глубокой древности. И в наши дни бронза считается прекрасным материалом для художественного литья.

В художественной промышленности используется бериллиевая бронза. Она отличается высокой твердостью и упругостью, наиболее устойчива к коррозии. Применяется для изготовления юбилейных значков и сувениров.

**Мельхиор** - медно никелевый сплав с содержанием никеля от 18 до 20%. Относится к числу декоративных сплавов. Обладает красивым серебристым цветом. Отличается высокой коррозионной стойкостью. Пластичен, легко обрабатывается; штампуются, чеканятся, режется, паяется полируется. Изделия из мельхиора достаточно прочны. Плотность мельхиора 8,9; температура плавления 1170<sup>0</sup> С; твердость по Моосу 3. мельхиор – сплав, имитирующий серебро, поэтому его применяют для изготовления посуды и недорогих ювелирных изделий с полудрагоценными камнями и без камней.

**Нейзильбер** – трехкомпонентный сплава на медной основе, в состав которого кроме меди входят 13,5 – 16,5% никеля и 18 – 22% цинка. Так же как и мельхиора считается декоративном сплавом и его внешнему виду напоминает серебро. Нейзильбер дешевле мельхиора, обладают достаточной

пластичностью и коррозионной устойчивостью. Плотность 8,4; температура плавления  $1050^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 3. Подобно мельхиору, нейзильбер используют в художественной и ювелирной промышленности для изготовления столовых приборов и ювелирных украшений. Широкое распространение получил при изготовлении филигранных изделий.

### **Прочие цветные металлы используемых в ювелирной промышленности**

**Цинк Zn** – белый металл с синеватым оттенком, очень хрупкий, но при нагревании до  $100 - 150^{\circ}\text{C}$  обретает пластичность, легко прокатывается в листы и вытягивается в проволоку. Плотность 7,13 - 7,14; температура плавления  $419,4^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 4. на воздухе цинк покрывается тонким слоем окиси, который предохраняет его от дальнейшего окисления. Очень стоек к воздействию воды, но легко растворяется в кислотах: соляной, азотной, серной.

Цинк – компонент многих сплавов, незаменим при изготовлении припоев (сплавов с невысокой температурой плавления, используемых при пайке) на основе цветных металлов. Входит в состав золотых сплавов белого цвета – «белого золота», применяющихся в производстве ювелирных изделий.

**Кадмий Cd** – белый металл, ковкий, вязкий, мягче цинка. При изгибе кадмиевый стержень потрескивает, подобно оловянному. В расплавленном состоянии обладает способностью диффундировать в поверхность других металлов. Плотность 8,64; температура плавления  $321^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 3 – 3,5. в сухом воздухе кадмий не окисляется, а при увлажнении покрывается пленкой коричневого цвета, сохраняющей его от разрушения. Кадмий легко растворяется в азотной кислоте, несколько хуже – в соляной и серной. При накаливании кадмий сгорает, выделяя бурый оксид. Пары и соли кадмия ядовиты. Применения кадмия расширяется каждым годом.

Используют его при приготовлении сложных сплавов, антикоррозионных покрытий, в зубопротезной и химической промышленности. Кадмий входит в состав многих ювелирных припоев, требующих относительно невысокой температуры плавления.

**Никель Ni** – металл желтовато – белого цвета, твердый, прочный, пластичный. Коррозионно устойчив и хорошо обрабатывается. Имеет высокую отражательную способность, обладает ферромагнитными свойствами. Плотность 8,9; температура плавления  $1455^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 5 – 5,5. никель относится к числу химически стойких металлов. На воздухе не окисляется, растворы щелочей на него почти не действуют. Соляная и серная кислоты разъедают его только в горячем состоянии; сильно действует на никель азотная кислота.

Никель содержится в большинстве сплавов (черных и цветных металлов), употребляется как защитное, антикоррозионное и декоративное покрытие (никелирование). В ювелирной промышленности никель вводят в состав белого золота для повышения его твердости и текучести.

### **Драгоценные металлы**

Драгоценными называют все металлы, относящиеся к благородной группе. Это – золото, серебро, платина, палладий, родий, иридий, рутений и осмий. Название «благородных» они получили за свою коррозионную стойкость во многих средах, а «драгоценных» - за высокую стоимость. Все металлы по степени использования в ювелирной промышленности можно разделить на основные и второстепенные. Основные металлы – это золото, серебро и платина. Кроме хороших антикоррозионных свойств они обладают еще рядом важных качеств – мягкостью, тягучестью, пластичностью и отличной способностью сплавляться с другими металлами. В ювелирном деле наибольшее применение находят золото и серебро.

**Золото Au** – единственный металл, который в чистом виде обладает приятным ярко – желтым цветом. Блеск золота при полировке еще более усиливается. Это мягкий, ковкий, пластичный и тягучий металл. Из одного грамма золота можно протянуть проволоку длиной 3,5 км. Его можно расковать так, что оно будет пропускать свет. Толщина такого листа будет не более 0,0001 мм. Эти тончайшие листочки носят название сусального золота и применяются для декоративных покрытий. Плотность золота 19,3; температура плавления  $1064^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 2,5.

Золота можно считать самым благородным металлом из всех металлов благородной группы ценнейшее свойство его – химическая стойкость. Золото не окисляется на воздухе даже при нагревании, устойчиво при воздействии на него влаги, не реагирует с кислотами, солями. Не действует на него сероводород. Растворяется золото в царской водке (смесь соляной и азотной кислот). Под действием хлора при температуре  $200^{\circ}\text{C}$  металлическое золото превращается в хлорное и хорошо растворяется в воде. Растворы цианистых щелочей, хлорная и бромная вода также растворяют золото. Легко растворяется он в ртути. При температурах  $10 - 30^{\circ}\text{C}$  концентрация золота в ртути может достигнуть 15%, после чего раствор затвердевает.

Применение чистого золота в промышленности весьма ограничено. Оно используется в точном приборостроении, химической промышленности как антикоррозионное покрытие (при нормальных и высоких температурах), в самолета – и ракетостроении. В ювелирной промышленности кроме золочения чистое золото служит основой драгоценных сплавов.

**Серебро Ag** – металл белого цвета, очень тягучий, пластичный и ковкий. По мягкости серебро стоит между золотом и медью. Серебро обладает наивысшей тепло – и электропроводностью, а также наивысшей отражательной способностью - оно отражает 95% падающего на него света. Путем прокатки из него можно получить листы толщиной до 0,00025 мм. Серебро протягивается в очень тонкую проволоку и отлично скручивается,

хорошо режется и полируется. Плотность серебра 10,5; температура плавления  $960,5^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 2,5 – 3.

Серебро очень устойчиво на воздухе и к действию влажной среды. Не реагирует с соляной и плавкой кислотами. Потемнение серебра можно объяснить соединением его с сероводородом, входящим в состав воздуха. Под действием озона серебро также окисляется, образуется черный налет. Легко растворяется серебро в азотной и концентрированной серной кислотах. Растворяют его и цианистые соли. Расплавленные щелочи и водные растворы медленно реагируют с серебром. Подобно золоту, серебро образует с ртутью амальгамы. В процессе плавки один объем расплавленного серебра поглощает 22 объема воздуха, что может явиться причиной пористости полученного слитка.

Серебро широко применяется в народном хозяйстве – в электротехнике, химической промышленности, в производстве зеркал, художественной и ювелирной промышленности. Используется оно в качестве защитного и декоративного гальванического покрытия, является основным компонентом при составлении большинства твердых припоев и основной серебряных сплавов.

**Платина Pt** – тяжелый, тугоплавкий серовато – белый металл, очень тягучий, достаточно ковкий, его твердость значительно выше твердости золота и серебра. Хорошо обрабатывается давлением, прокатывается в тончайшие листы (до 0,0025 мм толщиной) и протягивается в тончайшую проволоку. Плотность платины 21,5; температура плавления  $1773,5^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 4 – 4,5.

Платина один из наиболее устойчивых в химическом отношении металлов. Очень мало веществ оказывает на нее заметное воздействие. Например, на воздухе даже при самом сильном накаливании она не окисляется и при остывании сохраняет свой цвет. Ни одна из кислот в отдельности не действует на платину, и только горячая смесь кислот (царская

водка) растворяет ее. Разъедают платину цианистый калий и расплавленные щелочи.

Платина – металл с отличными физика – химическими показателями, поэтому она незаменимый материал для химической, приборостроительной, авиационной промышленности. В ювелирной промышленности широкое распространение получил высокопробный платиновый сплав.

**Палладий Pd** – металл серебристо – белого цвета, мягкий и ковкий, легко прокатывается в фольгу и протягивается в тонкую проволоку. Палладий входит в состав платиновой группы, которая включает, кроме того, родий, рутиней, иридий, осмий. В расплавленном состоянии палладий поглощает на один объем металла до 900 объемов водорода, при этом увеличивается в объеме, становится ломким, но сохраняет металлический вид. Плотность 11,4; температура плавления  $1554^{\circ}\text{C}$ ; твердость по Моосу 4,5 – 5.

По своим химическим свойствам палладий значительно уступает платине. Он окисляется на воздухе при нагревании до  $860^{\circ}\text{C}$ , причем при увеличении температуры окисел разлагается и металл снова светлеет. Под действием спиртового раствора йода палладий темнеет. Он легко растворяется в царской водке, азотной кислоте и других минеральных кислотах.

В ювелирной промышленности палладий используется в сплавах. Он входит в состав лигатур белого золота, а также вводится в состав низкопробного золота для придания ему антикоррозионных свойств.

## **1.2. Проектирование и определение параметров сплавы драгоценных металлов**

Использование чистых металлов для изготовления ювелирных изделий не всегда целесообразно вследствие их высокой стоимости, недостаточной твердости и износостойкости. Для получения нужных качеств к драгоценным

металлом добавляют в определенных соотношениях другие металлы, которые называются легирующими или лигатурной. Легирующие могут быть как драгоценные, так и не драгоценные металлы, не смотря на это полученные сплавы именуются драгоценными. Число ювелирных сплавов велико. Наибольшее число сплавов и легирующих компонентов имеет золото, затем серебро, платина и палладий.

**Сплавы золото.** В состав золотых сплавов в качестве легирующих компонентов могут входить: серебро, медь, палладий, никель, кадмий и цинк. Каждый из компонентов влияет на свойства сплава. Например, серебро придает золотому сплаву мягкость, ковкость, понижает температуру плавления и изменяет цвет золота. По мере добавления серебра цвет золота зеленеет, переходя желто – зеленый; при содержании серебра более 30% цвет становится желто – белым и бледнеет по мере увеличения количества серебра; при содержании сплаве 65% серебро желтый цвет полностью исчезает.

Медь повышает твердость золотого сплава, ковкость и тягучесть. Сплав приобретает красноватые оттенки, усиливающиеся по мере повышения процентного содержания меди; при содержании 14,6% меди сплав остановится ярко – красного цвета. Однако медь понижает антикоррозионные свойства сплава, и при большом ее содержании поверхность сплава темнеет.

Палладий повышает температуру плавления золотого сплава и резко изменяет его цвет – при содержании в сплаве 10% палладия слиток окрашивается в белый цвет. Пластичность и ковкость сплава сохраняются.

Никель изменяет цвет сплава в бледно – желтый. Сохраняя ковкость металла, никель придает ему твердость и повышает литейные свойства. Отрицательным является то, что большое содержание никеля делает сплав магнитным.

Платина окрашивает золото в белый цвет интенсивнее палладия, желтизна теряется уже при содержании в сплаве 8,4% платины. Также резко

повышается температура плавления сплава. При повышении содержания платины до 20% увеличивается и упругость сплава.

Кадмий в составе сплава резко понижает температуру плавления, но сохраняет ковкость и пластичность сплава.

Цинк придает сплаву хрупкость уже при 0,3% содержания его в сплаве. Наличие его осветляет сплав, припой с содержанием цинка имеет зеленоватый оттенок. Цинк повышает текучесть и еще резче, чем кадмий, понижает температуру плавления.

Участие каждого компонента в золотом сплаве определяется в зависимости от свойств, которым должен обладать сплав. Так, серебро и медь дают возможность варьировать цвета сплава от бледно – желтого до красного через зеленоватые и красноватые тона: придают мягкость, пластичность, ковкость и другие свойства, сохраняя среднюю температуру плавления. Палладий, никель и платина придают сплаву белый цвет. Кадмий и цинк понижают температуры плавления отдельных сплавов.

Сплавы различаются прежде всего по процентному содержанию в них золота, а затем по цвету и другим свойствам. Для отличия их по процентному содержанию золота существуют утвержденные ГОСТом цифровые значения – пробы, указывающие на количество драгоценного металла, содержащегося в 1000 ч. Сплава. Проба может обозначаться знаком в конце цифрового значения. Например, 958 – я проба – 958<sup>0</sup>. ювелирные сплавы золота имеют пять узаконенных проб: 958, 750, 583, 500, 375, две первые цифры которых указывают на целое число, а третья – на десятые доли процента содержание золота в сплаве.

Более сложным является, простое на первый взгляд, деление по цвету. Дело в том, что сплавы каждой пробы могут различаться по цвету и тону. Наибольшим числом цветовых гамм обладают сплавы 583 – й и 750 – й проб. Они бываю белыми (серебристо – белыми), бледно – и ярко – желтыми, зеленоватыми, розовыми, оранжевыми, красноватыми и красными. Сплавы

же других проб больше различаются по тону, чем по цвету. Например, золото 958 – й пробы – желтых тонов, а 500 – й и 375 – й –красноватых.

Таблица 1

Золотые сплавы 958 – й пробы

Компоненты, %			Плотность	$t_{\text{плав}}, ^\circ\text{C}$	Цвет
Au	Ag	Cu			
95,8	2,0	2,2	18,52	1005-1030	Ярко-желтый
95,8	2,1	2,1			

## 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЮВЕЛИРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

### 2.1. Используемые материалы в технологическом процессе ювелирной промышленности

При изготовлении ювелирных изделий кроме основных материалов – металлов, их сплавов и камней применяют и вспомогательные материалы, без них невозможны основные производственные операции.

#### Кислоты

**Азотная кислота  $\text{HNO}_3$**  – бесцветная жидкость, слегка дымящаяся на воздухе. Плотность 1,5; температура кипения  $83,8^{\circ}\text{C}$ . При температуре  $-42^{\circ}\text{C}$  застывает в прозрачную кристаллическую массу. Смешивается с водой в любом соотношении. Под влиянием света разлагается на воду, кислород и двуокись азота. Азотная кислота принадлежит к числу наиболее сильных кислот. Действует почти на все металлы (за исключением золота, платины и некоторых редких металлов), превращая их в азотнокислые соли. Применяется для приготовления пробирных реактивов, для травления примесей драгоценных металлов (кроме серебра).

**Серная кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$**  – бесцветная маслянистая жидкость. Плотность 1,84; температура кипения  $338^{\circ}\text{C}$ . При температуре  $10,4^{\circ}\text{C}$  образует твердую кристаллическую массу. Растворяясь в воде, выделяет большое количество теплоты. Во избежание ожогов при смешивании кислоты с водой следует лить кислоту в воду, а не наоборот. Концентрированная серная кислота при нагревании растворяет почти все металлы, кроме платины, золота и некоторых металлов платиновой группы. Применяется при извлечении золота из руд, для приготовления отбеливающих растворов, травления металлических примесей.

**Соляная кислота  $\text{HCl}$**  – растворенный в воде хлористый водород – бесцветная жидкость с резким запахом. На воздухе слегка дымится. Плотность обычной концентрированной кислоты 1,19; она содержит 37%

HCl. Кислота служащая для технических целей, обычно окрашена в желтый цвет и содержит 27% HCl.

Соляная кислота хорошо растворяется в воде, легко вступает в реакцию со многими металлами, образуя соли и выделяя водород. Применяется для приготовления отбелив и приборных реактивов.

**Царская водка** – смесь соляной и азотной кислот в соотношении 2:1 и 3:1, красновато – коричневого цвета. Растворяет все металлы, кроме родия, иридия, осмия. Платина растворяется только в горячей царской водке. Применяется при приготовлении пробирного реактива.

**Ортофосфорная кислота  $H_3PO_4$**  – бесцветные кристаллы. Плотность 1,8; температура плавления  $42,35^0$  С. Очень хорошо растворяется в воде. Считается неядовитой. При нагревании до  $215^0$  С переходит в пиррофосфорную  $H_4P_2O_7$  кислоту. Применяется ортофосфорная кислота для приготовления электролитов при радировании ювелирных изделий.

**Борная кислота  $H_3BO_4$**  – более кристаллическое вещество принадлежит к числу очень слабых кислот. Плотность 1,4 – 1,5. Легко растворяется в горячей воде, но при остывании выкристаллизовывается, так как в холодной воде малорастворимая. При нагревании борная кислота теряет воду, переходя в метаборную кислоту  $HBO_2$ , затем тетраборную  $H_2B_4O_7$ , и наконец в борный ангидрид  $B_2O_3$ .

Применяется для приготовления флюса при пайке драгоценных металлов.

## **2.2. Заготовительные процессы как основа производство ювелирной промышленности**

Сырьем для предприятий ювелирной промышленности служат поступающие со специальных заводов полуфабрикаты в виде слитков, прутков, проволоки, шайб, листов и химически чистые металлы. в заготовительных отделениях и цехах ювелирных предприятий

полуфабрикаты проходят различную обработку, в результате которой: слитки превращаются в прокат для штамповки деталей ювелирных изделий; прутки приобретают заданные диаметры, шайбы раскатываются в кольца; листы режутся на ленты и прокатываются до нужной толщины. чистые металлы используют для составления припоев и литейных сплавов и для освежения драгоценных сплавов, полученных непосредственно на производстве.

Заготовительные отделения и цеха ювелирного производства получают сырье и отходы с различных участков предприятия.

К заготовительным процессам относятся: плавка, прокатка, волочение, штамповка и термическая обработка. Ведущее место среди них занимает обработка давлением. изменение форм и размеров заготовки происходит путем пластической деформация. она обеспечивает высокое качество поверхности, значительную точность различного по величине и форме сечения.

### **Плавка и отливка**

Поступающие для плавки частицы одного или нескольких металлов загружаются в специальные плавильные печи, под влиянием высокой температуры доводятся до жидкой однородной массы, которая отливается в формы для получения слитков.

Материал, поступающий в плавку, называется шихтовым или шихтой. шихта может быть в виде чистых металлов, бракованных слитков и изделий, лома, обрезков, стружки и опилок и других отходов ювелирного производства. шихтовый материал в зависимости от степени и характера загрязнения подвергается различной обработке.

Возвратные отходы от переработки драгоценных металлов своего производства (литники, высечка, стружка, обрезки и др.), не вызывающие сомнения в отношении содержания основных и легирующих компонентов, поступают в плавку без предварительной подготовки.

Отходы драгоценных металлов (опилки, мелкие обрезки, стружка), загрязненные в процессы работы, проходят очистительную обработку и только после этого поступают в плавку.

Шихтовые материалы, загрязненные вредными примесями (металлами, не отвечающими составу сплава, материалами, отрицательно влияющими на свойства сплава, и т. д.), подвергаются предварительной плавке, а затем отправляются на аффинажные заводы или на заводы вторичных драгоценных металлов.

**Очистка шихты.** Отходы драгоценных металлов (опилки, стружка, мелкие обрезки и т. д.) всегда загрязнены. опилки прокаливаются в муфельной печи для удаления всех сгорающих примесей (дерева, воска, щетины от щеток, бумажной и другой пыли). остывшую шихту разрыхляют и тщательно промагничивают для извлечения стальных примесей (опилок, обломков, лобзиковых пилок и сверл, окалины).

Очищенные таким образом отходы драгоценных металлов можно считать подготовленными к плавке. Сплавляют отходы для различных целей – соединения частей одного металла в слиток, приготовления сплавов и припоев (легкоплавких, легко-текучих сплавов), освежения сплава и т. д.

Плавка драгоценных металлов может производится в тигельных электрических печах сопротивления с металлическими и неметаллическими нагревателями, в индукционных электрических печах без магнитопровода открытого и закрытого типов. Наиболее распространены тигельные электрические печи с неметаллическими нагревателями, которые обеспечивают быстрый нагрев и расплавленные шихты, просты в эксплуатации. В качестве нагревателей в таких печах используют уголь, графит и криптол.

Шихтовый материал загружается в тигель (рис. 1) – огнеупорные сосуд плавильной печи, в котором расплавляют металл. Последовательность загрузки зависит от величины и состояния шихты, состава и температурных характеристик компонентов, входящих в сплав.

## Порядок загрузки и плавки шихты

При плавке однородного металла шихту можно загружать в тигель одновременно, если плавильная печь обеспечивает быстрый нагрев шихты. В противном случае сначала загружают крупные куски или брикеты, а по мере их расплавления добавляют мелкие обрезки и другие отходы. Расплав из золота нагревают до  $1200 - 1250^{\circ}\text{C}$ , серебра – до  $1100 - 1150^{\circ}\text{C}$ , платины –  $1920 - 1980^{\circ}\text{C}$ , палладия –  $1700 - 1750^{\circ}\text{C}$ .

Для приготовления двойных золото – серебряных сплавов загрузку шихты начинают с серебра. Его загружают на дно тигля, а сверху засыпают золото, и плавку ведут одновременно, если куски шихты приблизительно одного размера. Если же величина шихтовых материалов различна, то загружают сначала крупные куски, а по мере их расплавления добавляют мелкие, серебряные или золотые. Температура нагрева расплава для золотых сплавов с содержанием до 30% Ag –  $1200 - 1250^{\circ}\text{C}$ , для сплава с содержанием 40 – 70% Ag –  $1180 - 1240^{\circ}\text{C}$ , для сплава с содержанием 80% Ag –  $1170 - 1230^{\circ}\text{C}$ .



Рис. 1. Графитовый тигель с асбестовой теплоизоляцией:

1 - тигель, 2 - асбест, 3 - металлическая штанга для перемещения и наклона  
ТИГЛЯ

При легировании золота медью (приготовление двойных золотомедных сплавов) плавку шихты начинают с золота. Сначала плавят слитки и крупные куски золота, а затем догружают мелочь. Медь загружают после того, как полностью расплавится золотая шихта. Для всех сплавов с содержанием меди в качестве медной лигатуры используют прокат марок не ниже М1. расплав содержащий до 2% Cu, нагревают до 1190 – 1250<sup>0</sup> С, 8,4% Cu – до 1180 – 1240<sup>0</sup> С, 42,7% Cu – до 1150 – 1230<sup>0</sup> С.

При приготовлении тройных золото - серебряномедных сплавов сначала загружают золото, после его расплавления – серебро, а затем золотосеребряный расплав – медь. Расплав нагревают для сплава 958 – й пробы до 1180 – 1240<sup>0</sup> С; 750 – й пробы – до 1180 – 1200<sup>0</sup> С; 583 – й пробы до 1080 – 1200<sup>0</sup> С; 500 – й пробы до 1070 – 1160<sup>0</sup> С; для сплавов 375 – й пробы – до 1120 – 1230<sup>0</sup> С.

При плавке шихтовых материалов для сплава «белое золото» (Au – Pt - Ag), в состав которого входит любой тугоплавкий компонент, пользуются ступенчатым нагревом тигля. Загрузку шихты начинают с золота, затем добавляют серебро и после расплавления медь. Доведя температуру расплава до 1120<sup>0</sup>С, загружают платину и увеличивают нагрев тигля до 1230 – 1300<sup>0</sup> С.

Загрузку простого золотоникелевомедного сплава начинают с золота. После его расплавления догружают никель и медь. Тигель нагревают на 150 – 250<sup>0</sup> выше температуры полного расплавления.

Для приготовления трехкомпонентного сплава «белое золото» (Au – Pd - Pt) сначала загружают золото, после его расплавления температуру повышают до 1260 – 1280<sup>0</sup> С и небольшими порциями вводят платину, а при дальнейшем повышении температуры расплава (до 1620 – 1680<sup>0</sup> С) постепенно вводят палладий.

При приготовлении серебряномедных сплавов с преобладающим количеством серебра 916, 875, 800, 750 – й проб загрузку тигля начинают с серебра. Затем в расплав серебра загружают медь. Расплав нагревают для

сплавов 916 и 875 – й проб до 1090 – 1140<sup>0</sup> С; 800 и 750 – й проб – до 1080 – 1130<sup>0</sup>С.

Для приготовления золотых припоев (Au – Ag – Cu - Zn), как и для всех золотых припоев, в шихту вводят раскислители, назначение которых – восстановить окислы окисленных компонентов до металлов. Загрузку шихты начинают с золота, по мере его расплавления загружают серебро, а затем медь. Цинк вводят в последнюю очередь, причем подогретым до 150<sup>0</sup> С. Расплав нагревают до припоев: 583 – й пробы – до 940 – 1000<sup>0</sup> С; 500 – й до 890 – 950<sup>0</sup> С; 875 – й пробы – до 930 – 990<sup>0</sup> С.

Загрузка шихты четырехкомпонентного золотого припоя (Au – Ag – Cu - Cd) с содержанием кадмия производится аналогично предыдущей. Только вместо цинка вводят кадмий. Расплав нагревается для припоев 750 – й пробы до 920 – 980<sup>0</sup> С; 583 – й с содержанием 10,2% Cd – до 910 – 970<sup>0</sup> С; 583 – й с содержанием 11,5% Cd и 500 – й – до 880 – 940<sup>0</sup> С; 583 – й пробы с содержанием 8,4% Cd – до 920 -980<sup>0</sup> С.

Загрузку сплавов для составления золотых припоев (Au –Ag – Cu – Zn - Cd), содержащих цинк и кадмий, производят в следующем порядке. Сначала загружают золото, затем серебро, потом в расплав – медь и после тщательного перемешивания вводят цинк, а за 1 – 3 мин до отливки – кадмий. Кадмий, как и цинк, вводят подогретым до 150<sup>0</sup> С. Температура расплава для припоев: 750 – й пробы с содержанием 6,9% Cd, 1,5% Zn – 960 – 1020<sup>0</sup> С; 750 – й с содержанием 5% Cd, 0,8% Zn – 980 – 1040<sup>0</sup> С; 583 – й с содержанием 10% Cd, 2,5% Zn – 860 – 920<sup>0</sup> С; 583 – й с содержанием 2,5% Cd, 1,7% Zn – 970 – 1030<sup>0</sup> С; 500 – й пробы – 900 - 960<sup>0</sup> С.

Шихту для приготовления золотых припоев белого цвета (Au – Ag – Pd – Cu - Zn) загружают в следующем порядке: сначала золото и серебро, потом в расплав догружают медь, затем палладий, а за 1 – 3 мин до отливки – цинк.

Шихту серебряномедных припоев загружают аналогично серебряным сплавам плавку драгоценных металлов нужно проводить с соблюдением всех условий инструкции о сокращении безвозвратных потерь драгоценных

металлов. Потери при плавке можно разделить на две категории: потери со шлаками защитных покровов и флюсов; потери, связанные с летучестью металлов (металлургический угар). Metallургический угар существенно меняется при изменении температурного режима. Например, золото при минимальной температуре плавления ( $1063^{\circ}\text{C}$ ) угарает на 0,0004; при перегреве на  $400^{\circ}\text{C}$  – на 0,18%, а при большем перегреве расплава угар возрастает еще резче.

В целях понижения потерь драгоценного металла ряд предприятий освоил применение промежуточных лигатур при плавке драгоценных металлов. Этот процесс позволяет плавить металлы без перегрева. Сущность процесса сводится к тому, что тугоплавкие металлы, вводимые в сплав, предварительно сплавляют с менее тугоплавкими. Например, палладий с серебром. А металлы легкоплавкие – с более тугоплавкими; например, цинк с серебром или медью и т. д. Таким образом температуру плавления этих компонентов усредняют и облегчают тем самым введение их в расплав, так как не нужно создавать специального температурного режима плавки.

**Защитные покровы, флюсы, раскислители.** При плавке драгоценных металлов и сплавов для предохранения расплавов от окисления, насыщения кислородом и другими газами из окружающей среды, а также для верхней теплоизоляции расплавов (для сокращения расходов тепла на плавку) применяются защитные покровы. Ими могут быть: древесный уголь, бура, борная кислота, хлористый кальций, хлористый натрий, хлористый калий, хлористый барий.

Флюсы очищают расплавы от нежелательных компонентов, загрязнений и примесей путем окисления и перевода окислов в шлаки. В большинстве случаев в качестве флюсов используются те же вещества, что и для защитных покровов. Раскислители восстанавливают окисленные компоненты расплава до металлов для повышения их жидкотекучести и качества отливаемых слитков. Для драгоценных сплавов раскислителями являются цинк, фосфористая медь и марганцовоокислый калий.

При выборке защитных покровов, флюсов и раскислителей необходимо учитывать характер их взаимодействия с расплавами и отдельными компонентами расплавов. Например, древесный уголь, один из лучших защитных покровов для серебра и его сплавов, непригоден для платины, так как платина, металлы платиновой группы и никель, а также сплавы с содержанием этих металлов при плавке подвержены науглероживанию. Недопустимо применение угля совместно с калиевой селитрой и поташом, так как эти флюсы при нагревании в присутствии углерода образуют взрывоопасные соединения.

Древесный уголь может выполнять роль как защитного покрова, так и флюса. Для плавки небольшого количества драгоценного металла лучшим считается хорошо прокаленный березовый уголь. Температура вспышки угля  $250 - 300^{\circ} \text{C}$ . Уголь прокаливается без доступа воздуха до вишнево – красного цвета. Хранится в сушильных шкафах при температуре на  $20 - 25^{\circ} \text{C}$  выше температуры окружающей среды. В качестве защитного покрова может быть применен при плавке серебра, серебряномедных сплавов, золота и золотых сплавов без содержания платины, металлов платиновой группы и никеля.

Бура (плавленая) используется в качестве флюса и защитного покрова при плавке драгоценных металлов. Обладает свойством хорошо отшлаковывать окислы многих металлов и шлаковых включений. Расплавленная бура обладает хорошей смачиваемостью. Находясь в шихте, она обволакивает нерастворимые тугоплавкие включения и окислы и поднимает их на поверхность. Переплавленную, мелкоистолченную или прокаленную при температуре  $450^{\circ} \text{C}$  буру хранят в сухой посуде с притертой пробкой. В качестве защитного покрова бура может применяться для всех драгоценных металлов и сплавов как самостоятельно, так и в сочетании с другими флюсами. Для лучшего скольжения расплава по стенкам бурой покрывают рабочую часть тигля. Перед загрузкой шихту

тщательно пересыпают бурой из расчета 1% буры от массы всей шихты, что способствует лучшему соединению частиц шихты.

Смесь поташа с бурой (1:1 по массе) применяют как флюс при очистительных плавках. Смесь должна быть прокалена. Флюс вводится порциями. При загрязнении шихты нежелательными металлами применяют смесь буры с калиевой или натриевой селитрой.

При плавке драгоценных сплавов с селитрой можно повысить пробу сплава до 20 ед. при плавке с селитрой шихту нагревают под покровом буры до температуры отливки и в расплав вводят селитру двумя – тремя приемами.

Другие флюсы – хлористый кальций, хлористый барий, хлористый натрий, хлористый калий – также применяются при очистительных плавках. Свойства и действие флюсов однотипны. Температура плавления  $772 - 925^{\circ}$  С. Образуют хорошие защитные покровы для сплавов с температурой плавления до  $1300^{\circ}$  с. Как и бура, хлористый кальций, хлористый барий, хлористый натрий или хлористый калий применяются в переплавленном, измельченном и прокаленном виде.

Лучший раскислитель для драгоценных сплавов – цинк. Его вводят из расчета 0,05 – 0,1% от массы шихты. Как раскислитель используют и фосфористую медь. Однако в шихту ряда сплавов, особенно с содержанием меди, можно добавлять не более 0,05% (от массы всей шихты) фосфористой меди, потому что избыток фосфора вызывает красноломкость сплавов.

**Процесс плавки.** Перед загрузкой шихты в тигель следует проверить исправность плавильной системы и подготовить для отливки слитка в него металла прогревают до  $1000^{\circ}$  С и тщательно осматривают. В тиглях, прочность которых вызывает сомнения, плавить воспрещается. Рабочую часть прогретого тигля посыпают бурой, а при необходимости дополнительного защитного покрова часть ее кладут на дно тигля. Затем в тигель загружают шихту и задают нужную температуру. После расплавления шихты вводят оставшуюся часть флюса и расплав тщательно перемешивают. Не понижая температуры нагрева, расплаву дают отстояться, чтобы флюс

отшлаковал ненужные окислы и примеси. За несколько секунд до отливки в расплав вводят раскислитель. В расплавы припоев и сплавов, содержащих цинк, раскислитель не вводится в связи с достаточным количеством компонентов, выполняющих роль раскислителя. Изложницы, нагретые до  $100^{\circ}\text{C}$  для удаления следов влаги, натирают технологической смазкой и устанавливают для отливки. После этого расплав наливают через сливной желоб тигля в изложницы и после полной кристаллизации и выдержки слиток извлекают.

В мастерских, не оборудованных плавильными печами, шихту нагревают пламенем бензинового или газового паяльного аппарата. Плавка шихты ведется в тигельках, изготовленных из смесей на основе огнеупорной глины, каолина, графита, шамота. В этих же целях используют шамотный кирпич и кусок древесного угля, обмазанного огнеупорной глиной. Вместимость тигельков рассчитана до 30 г расплава. Перед употреблением рабочую часть их глазуруют бурой. Отливаются расплавы и изложницы соответствующих размеров.

Слитки трех компонентных сплавов золото – медь - серебро при охлаждении ниже  $450^{\circ}\text{C}$  сохраняют первоначальную кубическую гранецентрированную решетку и свойства твердого раствора, поэтому слитки необходимо подвергать резкому охлаждению. Это придает им мягкость и пластичность.

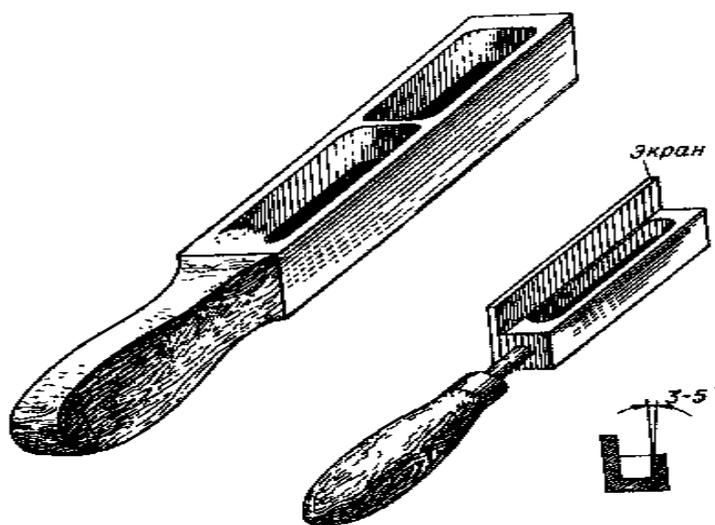


Рис. 2. Изложницы для отливки слитков

Для отливки слитков драгоценных металлов используют чугунные и стальные изложницы (рис. 2). Изложница, или ингус, представляет собой металлический брусок с выфрезерованным пазом по форме будущего слитка. Не рабочая стенка изложницы делается выше, она служит экраном. Направляющим расплав в паз. Размеры изложницы и толщина их стенок зависят от размеров слитка. Изложницы для горизонтальной отливки делают сплошными. Они могут несколько ячеек. Для вертикальной отливки изготавливают разъемные изложницы с заливной воронкой с торца. Изложницы рекомендуется делать из серого гематитового чугуна с малым содержанием примесей серы и фосфора или низкосортных сталей (как правило, разъемные).

Для использования новые изложницы прокаливают до температуры 500 – 550<sup>0</sup> С, а перед отливкой нагревают до соответствующей температуры и смазывают технологическими смазками. Роль технологических смазок – обеспечить хорошее качество отливаемых слитков, т. е. хорошее растекание расплава по ячейке, препятствовать образованию раковин наплывов и пригоранию расплава к стенкам изложницы. В качестве смазок употребляют: льняное, конопляное, подсолнечное, веретенное и машинное масла, пчелиный воск и водную эмульсию молотого мела.

Перечисленные масла рекомендуются для отливки слитков из серебра, золота и припоев. Перед использованием масло обязательно обезвоживают кипячением на водяной бане при 110 – 120<sup>0</sup> С в течение 2 ч. Смазку наносят тонким ровным слоем на рабочую поверхность изложницы, подогретой до температуры не более 100<sup>0</sup> С.

Пчелиный воск – одна из лучших, но дорогих смазок. Используется в тех же случаях, что и масла. Наносится на рабочую поверхность изложницы, нагретой до 50 – 70<sup>0</sup> С, равномерным натиранием.

Водная эмульсия молотого мела применяется при отливке высокотемпературных металлов и сплавов – золота, платины, палладия. После нанесения слоя эмульсии на рабочую поверхность изложницы,

нагретой до  $150 - 200^{\circ}\text{C}$ , ее тщательно просушивают до полного удаления влаги. Просушенную изложницу рекомендуется прокалить при температуре  $550^{\circ}\text{C}$ , тогда изложница выдерживает более 100 заливок. Делают это заранее, так чтобы к моменту отливки изложница имела рабочую температуру  $150 - 200^{\circ}\text{C}$ .

Плавка и отливка металлов – один из наиболее опасных процессов, при котором несоблюдение правил безопасности труда может вызвать серьезные травмы. Выполнять плавку можно только на полностью исправном и налаженном оборудовании. Вся плавильная оснастка должна быть заранее подготовлена и разложена на удобных для работы участках. Плавку следует проводить в защитных очках и с предельной осторожностью. Загружать шихту в нагретый тигель нужно с помощью специального жестяного совочка, размеры которого позволяют безопасно провести операцию. Для помешивания расплава и снятия шлака служит специальная графитовая или кварцевая мешалка, длина которой обеспечивает удобство работы и надежную защиту рук от ожогов. Особая осторожность требуется при разливе металла в изложницы. Кроме того, что необходим навык, надо убедиться в правильности установки изложницы и степени ее смазки. Лишняя смазка может вызвать разбрызгивание металла. Участок стола для отливки должен иметь бортик на случай разбрызгивания сплава. Плавильщик обязан работать в защитном фартуке из слитки из изложниц и охлаждать их следует в рукавицах.

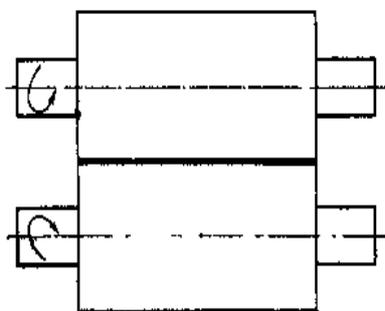
### **Прокатка и вальцовка.**

**Прокатка** – вид обработки металлов. Металл, проходя между вращающимися валками, под давлением изменяет форму и размеры. Прокатка непрерывный процесс, т. е. профиль металла изменяется по всей длине прокатки. Профилем прокатки называют поперечное сечение прокатанного металла.

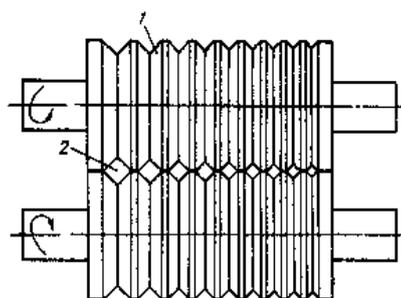
**Вальцовка** – это местная прокатка, т. е. прокатка ограниченного участка слитка или другого вида заготовки.

В производстве ювелирных изделий применяется только холодная листовая и профильная прокатка. На ювелирных заводах, фабриках и в мастерских используют двухвалковые прокатные вальцы с электрическим и ручным приводом, рассчитанные на сравнительно небольшие заготовки.

Для повышения пластичности слитков драгоценных металлов перед прокаткой их подвергают ковке, причем золотые и серебряные сплавы в холодном состоянии, платиновые – в горячем. Небольшие слитки проковывают вручную (молотком на наковальне), а слитки больших размеров – на ковочных прессах. После этого слитки отжигают.



**Рис.3. Валки гладкие.**



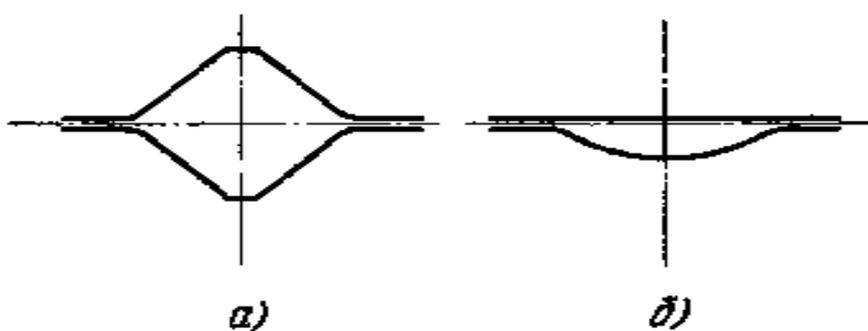
**Рис. 4. Валки профильные с квадратной калибровкой: 1 – ручей, 2 - калибр**

В качестве прокатного оборудования используются вальцы. Это станок с двумя валками и устройствами, обеспечивающими вращение валков (навстречу друг другу) и регулировку зазора между ними. На вальцах с ручным приводом вальцуют и прокатывают мелкие заготовки и припой при индивидуальном изготовлении ювелирных изделий.

Вид входящей заготовки зависит от формы валков. Валки цилиндрические с гладкой поверхностью (рис. 3) служат для прокатки листов, слитков в листы (ленты), прутков, проволоки на плоскость (расплющивание).

Валки профильные (рис. 4) представляют собой цилиндры с проточками (желобками) различных профилей по окружности валка. Каждая проточка называется ручей. Каждая пара профильных валков образует систему калибров. Калибром называют просвет, образованный двумя ручьями совмещенных валков. Правила последовательного расположения

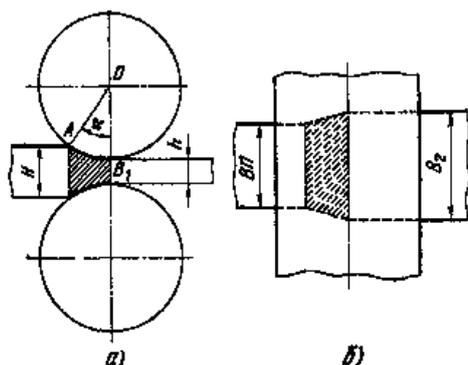
калибров на валках называют калибровкой валков. В производстве ювелирных украшений нашли применение два вида калибров: квадратный и сегментный (рис. 5). Квадратный калибр – образован двумя прямоугольными равнобедренными трех угольниками (при совмещении валков). Квадратная калибровка валков обеспечивает прокатку слитков до проволоки нужного сечения. Сегментная калибровка образована профильным валком с ручьями овального профиля (разных радиусов) и гладким валком (без ручьев). Сегментная калибровка позволяет получить заготовку для обручальных колец различной ширины и заготовку для деталей других колец.



**Рис. 5. Калибры:**  
а - квадратный, б - сегментный

При прокатке металл, проходя между двумя валками, подвергается деформации, которая заключается в уменьшении высоты полосы, уширении полосы (для листовой прокатки) или в уменьшении профиля (для профильной прокатки). И в том и в другом случае изменяется форма проката и увеличивается его длина. В валки металл втягивается силами трения, которые создаются на поверхности соприкосновения металла с валками под влиянием давления, возникающего при обжатии полосы по высоте. Но металл деформируется не одновременно по всей длине полосы, а только в том участке, где происходит обжатие. Этот участок называется зоной деформации и определяется объемом между площадью начального касания металла валков и площадью, проходящей по продольной оси валков по линии центров. Из продольного сечения зоны деформации по вертикали (рис. 6, а) видно, что происходит постоянное обжатие полосы по толщине от начальной

Н до конечной  $h$ . А из продольного сечения зоны деформации по горизонтали (рис. 6, б) – как происходит уширению полосы от начального размера ВП до конечного  $B_2$ . дуга  $AB_1$ , по которой металл соприкасается с валком, называется дугой захвата, а угол  $\alpha$ , образованный АО и ОВ и опирающийся на дугу захвата – углом захвата. После прохождения заготовкой дуги захвата наступает установившийся процесс прокатки.



**Рис. 6. Схема деформации металла при прокатке:**

**а** - продольное сечение зоны деформации по вертикали, **б** - продольное сечение зоны деформации по горизонтали

Деформация металла при прохождении его между валками неравномерна и зависит от степени обжатия (разницы между толщиной полосы и зазором между валками). При малых степенях обжатия наблюдается только поверхностная пластическая деформация, вследствие чего поверхностные слои металла имеют большую напряженность и скорость растекания их меньше скорости растекания средних слоев.

При прокатке с сильным обжатием деформация проникает на всю глубину металла и средние слои его имеют большую напряженность, а следовательно, меньшую скорость течения. Разница в скоростях растекания разных слоев прокатываемого металла вызывает неравномерность напряжений, а значит, и неравномерность деформации. Неравномерность деформации наблюдается и по ширине полосы – на боковых гранях полоса деформации менее глубока, чем посередине.

Разность напряжений, а следовательно, скорость течения металла, может привести к боковым надрывам, складкам, к разрыву полосы с конца (образованию «усов»). Разность напряжений снимается отжигом заготовки.

Прокатка слитков, прутков, лент и других заготовок на электромеханических вальцах требует определенной подготовки.

Убедившись в исправности станка, отрегулировав опорный стол и при надобности боковые направляющие (щечки), регулируют зазоры между валками. В современных универсальных вальцах имеется делительный диск, по которому можно определить расхождение валков. В вальцах более ранней конструкции и в вальцах с ручным приводом регулировка зазора определяется на глаз, с некоторым запасом в большую сторону. Если валки покрыты временной антикоррозионной смазкой, ее снимают и вальцы включают. Если заготовка которая, ее кладут на опорный стол целиком, если заготовка длинная – на опорный стол помещают головной конец ее. Подавать заготовку малых размеров к валкам рукой чрезвычайно опасно, поэтому для подачи используют деревянный клиновидный упор. Большие заготовки подаются рукой, на безопасном расстоянии, до захвата их валками. Дальнейшее движение заготовки обеспечивают сами валки. Если после первого прохода заготовка имеет горизонтальное искажение, значит, регулировка параллельности валков недостаточна, вальцы выключают и регулируют. А если видимых горизонтальных искажений нет – процесс продолжают.

В большинстве случаев нужные размеры получают после многократных проходов заготовки между валками, но если есть возможность достичь заданных размеров за один проход, то предварительно запускают небольшой (пробный) участок заготовки, по которому определяют необходимый размер. В процессе прокатки постоянно просматривают ребра заготовки и, если замечают тенденцию к растрескиванию, ее подвергают дополнительному отжигу.

Прокатка прутковой заготовки в проволоку в профильных валках квадратного калибра производится вращением прутка после каждого прохода на  $90^{\circ}$  С вокруг продольной оси. Таким образом, стороны квадрата (заготовки) попеременно подают под вертикальное обжатие валками. При этом обжатие должно быть таким, чтобы на ребрах, находящихся в данный момент в горизонтальном положении, не образовался облой (слой металла,

выступающий за пределы контура полуфабриката); в противном случае заготовка отходит в брак, который можно исправить только опиливанием облоя.

Прокатка в профильных валках фасонной (сегментной, прямоугольной, рисунчатой) калибровкой по чистовому размеру проводится всегда за один проход. Заготовку для нее предварительно прокатывают до определенного сечения.

Вальцовку осуществляют только на вальцах с ручным приводом. Кстати, в ювелирной практике нет резкого разграничения между процессами прокатки и вальцовки, и все операции, производимые на вальцах с ручным приводом, называют вальцовкой. Несмотря на то что вальцовка - процесс заготовительный, выполняется он уже монтажном цикле изготовления ювелирных изделий непосредственно ювелирами. Заготовка, предназначенная для вальцовки, нарезана поштучно, и на ней отмечены участки, форма которых должна быть изменена. Зазор между валками устанавливается по сечению заготовки; нужное обжатие задается постепенно поджатием валка штурвалом. Если участок должен быть расширен – задается большее обжатие, если удлинен – меньшее. При приближении размера провальцованного участка к заданному заготовку промеряют после каждого обжатия.

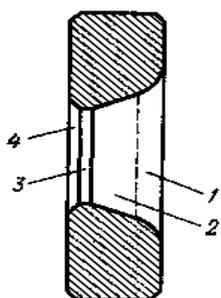
К работе на вальцах допускаются лица, знающие правила пользования данным станком и правила безопасности труда. Особую опасность представляют вальцы с электрическим приводом. При работе на них категорически запрещается сопровождать руками заготовку вплоть до валов, исправлять на ходу перекосившуюся на выходе заготовку. Рукава халата вальцовщика должны быть плотно застегнуты или закатаны. Во избежание порезов рук не разрешается пользоваться рукой как направляющей, пропускать через нее заготовку с острыми ребрами. Для изменения положения заготовки или при обнаружении неполадок в станке его обязательно выключают.

## Волочение.

Процесс волочения представляют собой протягивание прутковой, проволочной, трубчатой и профильной заготовок через коническое отверстие для уменьшения их поперечного размера и увеличения длины. Путем волочения в ювелирном производстве получают в основном проволоку и трубную заготовку.

Ювелирные предприятия в качестве сырья получают по специальных заводов полуфабрикаты в виде слитков, листов, прутков, проволоки и т. д. тем не менее волочительные процессы в ювелирном деле широко распространены. Заготовка для волочения проволоки – прутки и проволока большого сечения, для протяжки трубок – ленты определенных размеров.

Основной волочительный инструмент – матрицы, или фильеры, с отверстиями, через которые протягивают металл (рис. 7).



**Рис. 7. Волочительная матрица (продольный разрез):**

**1** - смазочная воронка, **2** - рабочий конус, **3** - калибрующий пояс, **4** - выходная распушка

Протяжку заготовки обеспечивает комплект матриц двух типов. Первый – это набор обойм, в каждую из которых вставлен фильер определенного размера. Применяется для станочной протяжки. Вторым типом представляет собой металлическую доску с вставленным в нее комплектом фильеров. Служит для ручной протяжки. Реже встречаются доски с набором конических отверстий непосредственно в доске без вставок. Матрицы в виде досок имеют несколько названий – волочительная доска, фильерная доска, или «циайзен». Волочительные отверстия состоят из четырех элементов (зон): смазочной воронки, рабочего конуса, калибрующего пояса и выходной распушки.

Смазочная воронка, или входная распушка, предназначена для подачи смазки в рабочий конус и предохранения заготовки от задиров. Рабочий конус обеспечивает обжатие заготовки до определенного размера. Угол образующей конуса для прутковых и проволочных заготовок равен  $6^{\circ}$ , для трубчатых заготовок –  $10 - 15^{\circ}$ . Калибрующий поясok обеспечивает заданную точность и правильность формы (калибрует заготовку). Длина пояса для прутковых и проволочных заготовок  $3 - 7$  мм, для трубных заготовок  $1 - 3$  мм. Выходная распушка предохраняет выходное отверстие от выкрашивания и устраняет возможность задиров заготовки о края фильера.

У фильерных досок без волочительных вставок, с отверстиями непосредственно в доске, профили отверстий выполнены упрощенно, с дуговой образующей.

Для профильных протяжек отверстия фильерных досок имеют определенные формы: квадратную, треугольную, сегментную и др.

Захватывают протягиваемые заготовки специальными клещами с плоскими мощными губками, на рабочей части которых есть мелкая насечка. Такие захваты у ювелиров называются цицанги.

Для уменьшения усилий при волочении, улучшения процесса вытяжки и предохранения заготовки и инструмента от взаимного истирания заготовку перед протягиванием смазывают пчелиным воском или мылом.

На ювелирных предприятиях наиболее часто используется проволока сечением  $1,2$  мм. Она уже служит полуфабрикатом для проволоки меньших сечений, которую изготавливают в нужных количествах непосредственно на предприятиях. Процесс волочения проволоки вручную происходит следующим образом.

Один конец заготовки отвальцовывают или опиливают на конус так, чтобы он свободно проходил в несколько отверстий меньшего сечения на расстояние захвата цицангами. Этот конусный конец называют захваткой. Предварительно смазав, захватку продевают в отверстие жестко укрепленного цияйзена на расстояние свободного захвата. Затем

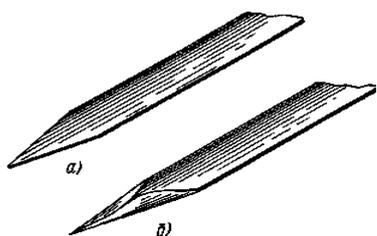
равномерным натяжением протягивают всю проволоку сквозь отверстие фильера. Когда захватка перестает проходить в очередное отверстие, конец проволоки снова запиливают. В процессе протяжки надо следить за тем, чтобы проволока до входа в отверстие не перекручивалась и не перегибалась во избежание обрыва. Последовательно проходя каждое очередное отверстие с периодической смазкой, проволока нагартовывается (получают напряжение) и требует отжига. При волочении проволоки из золотых и серебряных сплавов от 1,2 до 0,3 мм требуется два – три периодических отжига. Проволоку, туго скрепленную в рулон, отжигают в муфельных печах.

Волочение трубок производится из предварительно прокатанных лент (тонких полос). Чтобы определить размеры заготовки, необходимо сделать расчеты. Исходными данными служат внутренний диаметр трубки и толщина проката или внутренний и внешний диаметры трубки. Рассчитывают размеры заготовки следующим образом. Имея внутренний диаметр и толщину стенки (проката), нетрудно установить внешний диаметр, прибавив к внутреннему диаметру две толщины. А имея два диаметра трубки, проще всего произвести расчеты по средней линии диаметров (среднему диаметру). Для этого диаметра средней линии умножают на 3,14. Например, надо изготовить трубку с внутренним диаметром 2мм и толщиной стенки 0,4 мм.

Внешний диаметр трубки будет равен  $2 + 0,4 + 0,4 = 2,8$ . средняя линия диаметров  $(2 + 2,8) : 2 = 2,4$ . развертка окружности (ширина ленты) будет равна  $2,4 \cdot 3,14 = 7,54$ . Следовательно, ширина заготовки по расчетам должна быть равна 7,54 мм. Но, учитывая мягкость драгоценных металлов, на вытяжку и уплотнение дается припуск 0,2 – 0,3 мм.

Когда известна ширина ленты, узнают ее длину. Длина ленты равна сумме длин нужных отрезков трубки плюс длина захватки. Для приготовления захватки один конец ленты обрезают клином (рис. 8, а) и с помощью не большого молоточка заворачивают в конусную трубку – захватку (рис. 8, б). Эту операцию производят на секенайзене – специальной

металлической плите с желобками или на деревянной основе. Затем захватку и начальный участок ленты (с внешней стороны) смазывают и, протягивая через отверстие фильера, сворачивают ленту в свободную трубку. Размер отверстий выбирают с таким расчетом, чтобы края трубки не были плотно сомкнуты. Во время протяжки ленты смотрят за тем, чтобы до входа отверстия лента находилась в одном положении, иначе шов может оказаться неровным или спирально закрученным. Протягивая через очередное отверстие, внимательно следят за затяжкой фуги (шва) трубки. При перетяжке трубки (прогоне через более узкое отверстие) на фуге, с внутренней стороны, может образоваться продольная складка, и тогда трубка считается бракованной.



**Рис. 8. Заготовка для волочения трубки:**  
**а** - конец заготовки обрезан клином;  
**б** - конец заготовки завернут в захватку

В производстве ювелирных изделий трубчатая заготовка часто идет на изготовление шарнирных соединений и на изготовление оправ для мелких камней, которые называют царгами. Поэтому все тонкостенные трубки ювелиры называют шарнирами, а толстостенные – царгами. К тонкостенным относятся трубки с толщиной стенки до 0,3 мм, а к толстостенным – свыше 0,3 мм. Волочение толстостенных трубок, не поддающихся ручной протяжке, производят на станках с цепным натягом. Волочение сопровождается с промежуточным и обязательным конечным отжигом заготовки.

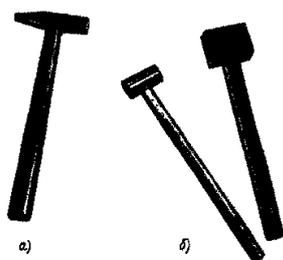
Заготовки для полых цепей и браслетов получают путем волочения трубчатой обтяжки, и т. е. медную и железную проволоку обтягивают драгоценными металлами – золотом и серебром. Волочение обтяжек аналогично волочению трубчатых заготовок, разница лишь в том, что, когда лента свернута в желобок или свободную трубку, внутрь этой трубки закладывают проволоку – медную для золотой обтяжки и железную для серебряной. Сечение проволоки выбирается равным внутреннему сечению

будущей трубки (медную проволоку можно брать большего сечения, так как она протягивается вместе с оболочкой). Протягивая трубочную оттяжку, необходимо следить за тем, чтобы фуга была прямой. Затем железный или медный вкладыш вытравляют из нарезанных заготовок в соответствующей кислоте.

### **Правка**

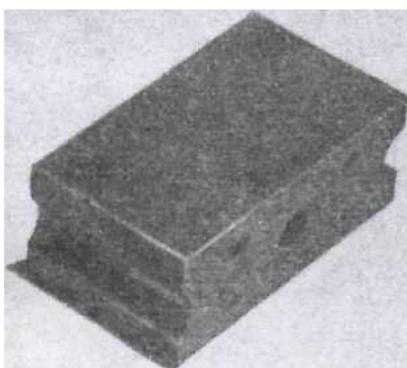
Правкой называют исправление искажений, полученных в процессе обработки металлов. Кроме различного вида заготовок правке подвергаются детали изделий и сами изделия. Заготовительный цикл предусматривает правку отдельных полуфабрикатов в процессе штамповки деталей ювелирных изделий, и в этом случае правка считается операцией штамповки. Во всех других случаях полуфабрикаты и изделия подвергаются ручной правке в процессе монтировке ювелирных изделий. Особенностью этой операции в отличие от слесарной являются малые размеры заготовок и драгоценность обрабатываемого металла, которому не только нужно придать определенную форму, но и сохранить качество поверхности заготовки. Этим объясняется то, что основным ударным инструментом являются текстолитовые молотки различных размеров и форм (рис. 9). Деревянные ручки текстолитовых молотков не отличаются от обычных металлических. Подкладочным инструментом служат флахайзены – стальные (каленные) правочные плиты (рис. 10) или плоскость шперака (рис. 11), рабочая поверхность которых должна быть хорошо шлифована и оберегаться от забоин и глубоких царапин.

Правка листовой, ленточной, прутковой заготовок производится на флахайзенах текстолитовыми молотками круглого или прямоугольного профиля. Размеры флахайзена и молотка выбираются в зависимости от толщины или сечения заготовки.

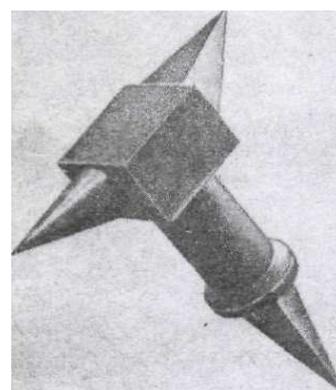


**Рис. 9. Правочные молотки:**  
а - металлический, б – текстолитовые

Правка проволочной и трубчатой заготовок проходит совершенно иначе – как бы вытягиванием их. Один конец заготовки зажимают в настольных тисках, а за другой ее конец щипцами слегка вытягивают натянутую проволоку или трубку. Губки тисков должны иметь мелкую насечку, (0,2 – 0,3 мм) проволоку. Длинная толстостенная трубчатая заготовка правится вытяжкой на установке с цепным натягом, такая же но короткая заготовка – легкими ударами текстолитового молотка на деревянной основе.



**Рис. 10. Флахайзен  
(правочная плита)**



**Рис. 11. Шперак**

Правка плоских деталей ювелирного изделия – накладок, рантов и других осуществляется с помощью специального пуансона с плоским бойком, по которому наносятся удары металлическим молотком. Такой пуансон ювелиры называют «правка», боек его должен быть закален и отшлифован. В качестве основы используют флахайзены или шперак.

Аналогично правке плоских деталей проходит правка боковых сторон колец. Для выравнивания с боков с паянной на шинку (ободок кольца) заготовки или обручального кольца, как и в предыдущем случае, пользуются пуансоном – правкой, но в случаях, когда одновременно необходимо выправить и кривизну отверстия кольца, пользуются стальным шариком.

Диаметр шарика должен обязательно превышать внутренний диаметр обрабатываемого полуфабриката.

При монтажке ювелирных изделий правке приходится подвергать и выпуклые (полые) детали. Трудность выполнения этой операции не только в том, чтобы не промять заготовку, но и в том чтобы не стереть имеющуюся на ее поверхности разметку. Правят такие детали текстолитовым или деревянным молотком на флахайзене или шпераче. Сначала заготовка простукивается по всей поверхности, а затем по контуру до полного прилегания к плоскости.

Для придания кольцам правильной внутренней окружности их тоже подвергают правке. Правят кольца текстолитовым молотком на ригеле – стальном конусе (рис. 30). Ригель имеет рабочую часть и ручку. Рабочая часть длиной 200 – 250 мм имеет вид усеченного конуса, малый диаметр которого 10 – 15 мм, большой – 20 – 24 мм. Длина ручки 80 – 100 мм, диаметр – 20 – 25 мм. Обычно для того чтобы ручка не скользила, на ней делают накатку. Гладкие кольца, не имеющие напаяк, правят равномерными ударами молотка по всей окружности, перемещая удары в сторону утолщения.



**Рис. 12. Ригель для правки колец**

После полного прилегания одной из сторон кольца к поверхности ригеля кольцо снимают, насаживают другой стороной и продолжают правку. Кольца, имеющие каст (оправку для камня), начинают править от каста в одну и другую сторону, сначала сверху, затем снизу. Во избежание перекосов все кольца правятся с обеих сторон. До правки все заготовки обязательно отжигают, а иногда это делают и дополнительно в процессе правки.

## **Пайка**

Пайкой называют технологический процесс получения неразъемных соединений с помощью более легкоплавких металлических сплавов

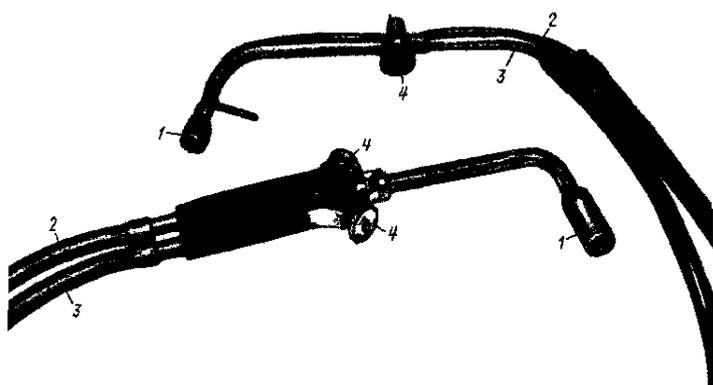
(припоев). Неразъемное соединение (спай) получается в результате взаимодействия расплавленного припоя с кромками основного металла. При этом припой внедряется между зернами основного металла и обрабатывает промежуточный слой (сплав припоя и основного металла). В результате диффузии (проникновения одного металла в другой) припоя с основным металлом припой может изменять свои свойства: цвет, пластичность, твердость. Диффузионное проникновение металлов зависит от режима пайки (температуры и времени нагрева).

Существует несколько видов пайки, однако изготовление ювелирных изделий сопровождается только газопламенной пайкой. Пайка ведется газовыми и бензиновыми аппаратами.

Ювелирная пайка – очень ответственная операция, требующая от ювелира мастерства, знания свойств металлов, умения правильно подобрать припой и флюсы. Каждое рабочее место ювелира должно быть оснащено паяльным аппаратом.

Пайка газовыми паяльными аппаратами может осуществляться при условии, что каждое рабочее место ювелира оборудовано газовой (для подачи газа) и воздушной (для подачи воздуха под давлением) подводкой. Такое оборудование наиболее удобно при паяльных работах. Но иногда применяются и система баллонного снабжения. В этом случае на каждое рабочее место устанавливают небольшие баллоны. Если баллоны имеют редуцированную подачу газа, воздух не подается, но паяльная горелка снабжена воздушным подсосом. Паяльные горелки всех видов называют пистолетами.

Газовые пистолеты (рис. 13), работающие с одновременной подачей газа и воздуха, состоят из двух трубок: по трубке 3 большого сечения подается газ, по трубке 2 меньшего сечения – воздух (иногда разница этих

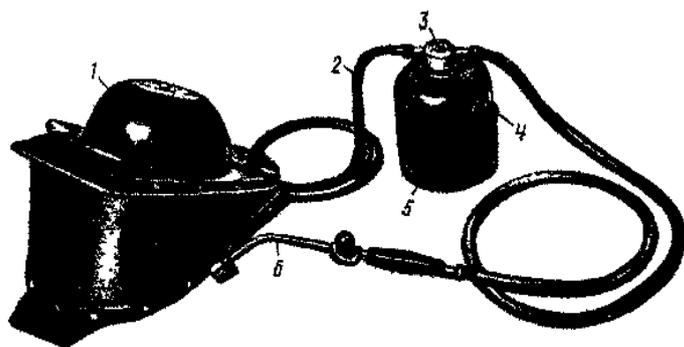


**Рис.13. Пистолеты для газовой пайки:**

1 - мундштук, 2 - трубка для подачи воздуха, 3 - трубка для подачи газа, 4 - регулировочные краны

трубок внешне не видна); смешивание потоков происходит в мундштуке 1 пистолета. Газовые пистолеты без подачи воздуха имеют одну трубку – подачи газа под давлением и отверстия для подсоса воздуха. Газовые пистолеты удобны в эксплуатации тем, что с помощью регулировочных кранов 4 устанавливается постоянное, нужной длины и напора пламя.

Бензиновый паяльный аппарат (рис. 14) состоит из мехов 1 для подачи воздуха, бачка (газообразователя) 5 и пистолета 6. Мех приводится в действие нажатием ноги, при этом срабатывает выпускной клапан камеры, и воздух через резиновую трубку 2 подается в бачок. Бачок (металлический) имеет отверстие 4 для заливки бензина с герметической пробкой и рабочую пробку 3, снабженную входной и выходной трубками.



**Рис. 14. Бензиновый паяльный аппарат:**

1 – меха, 2 - резиновая трубка, 3 - рабочая пробка, 4 - заливное отверстие, 5 - бачок, 6 - пистолет

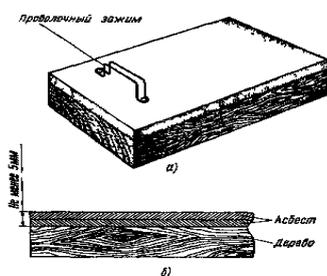
Воздух, поступающий из мехов через входную трубку в бачок с бензином, повышает в нем давление, в результате чего образуются пары бензина. Под давлением пары бензина поступают через выходную трубку в паяльный пистолет. Внутри трубки, подающей пары в пистолете, есть трубка меньшего сечения, которая при выходе смеси из пистолета создает в центре потока более высокое давление.

Бензиновые паяльный аппарат работает на высококачественном бензине, который заливается ниже уровня заливной пробки. При заправке аппарата низкосортным бензином пламя пистолет оставляют сильную копоть, препятствующую пайке. При хорошей наладке аппарата пистолет дает пламя, обеспечивающее выполнение любой пайки и плавку небольших количеств сплава. Недостаток заключается в том, что при пайке бензиновым аппаратом одна нога ювелира находится в постоянном движении.

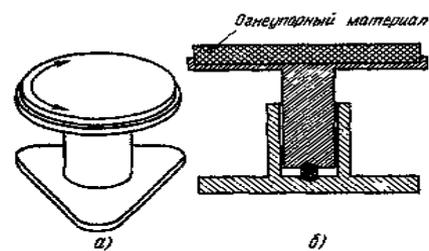
Подкладкой (основной) для паемых изделий служат огнеупорные приспособления. Вид и форма огнеупорной основы зависят от способа пайки. В большинстве случаев применяют асбестовый леткал на деревянной основе (рис. 15). Изготавливается он из 15 – 20 миллиметровой деревянной плиты, на которую набивается асбестовый картон. Если толщина картона меньше 5мм, его набивают в два слоя, если от 5мм и толщиной – в один слой. Выпускают картон толщиной 3; 3,5; 4; 5; 6; 8 и 10 мм. Использовать вместо картона асбестовую бумагу нельзя, так как она независимо от количества слоев вспучивается и моментально прогорает.

Во избежание скатывания и перекосов деталей и изделий асбестовая площадка должна быть ровной, без бугров и впадин. Горизонтальные габариты леткала смачивают водой и заглаживают во избежание попадания асбеста в опилки драгоценных металлов. После того как леткал просушат, им можно пользоваться.

Для пооперационной пайки применяют леткал – вертушку (рис. 16), представляющую собой металлический цоколь, на котором на ножке укреплен вращающийся стол. Форма стола, как правило, круглая, с размерами в пределах 100 мм. Стол имеет бортики 4 - 5 мм для вкладки огнеупорной площадки. Огнеупорная площадка для вертушки может быть изготовлена из асбестового картона или асбоцемента.



**Рис. 15. Асбестовый леткал на  
деревянной основе:**  
а - общий вид, б - разрез



**Рис. 16. Леткал-вертушка:**  
а - общий вид, б - разрез

Для пайки изделий и деталей, которые нельзя установить на ровной площадке или которые необходимо паять в вертикальном положении, применяют леткала с пружинными зажимами. Пружинные зажимы изготовляют из 1,5 – 2 миллиметровой стальной проволоки, которую парно изгибают зигзагом и вертикально прибивают на леткал с деревянной основной. Стальная проволока образует парные проволочные выступы, между которыми зажимаются детали или изделие.

Если пайка производится в монтировочных массах (застывающие огнеупорные массы), то основной для выкладки массы служат металлические листы.

В качестве вспомогательного инструмента во время пайки используют пинцеты (корцанги) и кисточку. Обычные медицинские пинцеты служат для переноса изделий и деталей, офлюсовывания их и для удержания ленточного припоя во время пайки. зажимными пинцетами зажимают изделия во время пайки и удерживают детали или припой в момент расплавления припоя. работают они на сжатие, т. е. при нажатии на щечки пинцета они разжимаются, тогда как обычные сжимаются. Кисточкой осуществляют местное офлюсовывание изделий и деталей, т. е. нанесение флюса на место пайки, и наложение на место пайки порции припоя.

Припоями называют легкоплавкие металлические сплавы, с помощью которых получают неразъемные соединения. обычно припой

классифицируют на мягкие (температура плавления до 450<sup>0</sup> С) и твердые (свыше 450<sup>0</sup> С).

Припой, используемые в ювелирной технике, содержат определенное количество драгоценных металлов и классифицируются – по более высокой температурной шкале. Температура плавления ювелирных припоев колеблется от 650 до 1000 – 1100<sup>0</sup> С. Припой, температура плавления которых намного ниже температуры плавления спаиваемых металлов, называют мягкими. Припой, температура плавления которых близка к температуре плавления спаиваемых металлов, называют твердыми. А так как температуры плавления спаиваемых металлов различны, то понятие твердости припоев «плавающее», т. е. относительно к определенному сплаву.

Предприятия, производящие ювелирные изделия, используют золотые и серебряные припои, отличающиеся пробой, цветом, температурной плавления. однако независимо от этого все припои должны обладать хорошей текучестью, пластичностью, прочностью. Текучесть припоя – это его способность (в расплавленном виде) затекать в щели и растекаться по поверхности металла. Пластичность – возможность деформации паянного шва. Прочность – способность паяного шва выдерживать удары и нагрузки на разрыв.

От правильного выбора припоя во многом зависит качество будущего изделия и трудоемкость дальнейшей работы над ним. При выборе припоя учитываются массы спаиваемых деталей, величина зазора, текучесть, температура плавления и цвет припоя.

Золотые припои служат для пайки золотых и платиновых изделий. Проба их должна соответствовать пробе изделия, поэтому существуют припои всех узаконенных проб для золотых ювелирных изделий, изготавлиющихся с помощью пайки. На каждую из проб предусмотрено несколько припоев, различных по цвету и температуре плавления.

Легкоплавкость, текучесть, разность цветов и оттенков золотых припоев достигается путем введения в их состав серебра, меди, кадмия,

цинка, палладия и никеля. Так, серебро, входящее в состав припоя, понижает температуру плавления, повышает текучесть и пластичность и ослабляет его цвет. Медь повышает прочность припоя и передает ему красноватые оттенки. Кадмий понижает температуру плавления и придает припою зеленоватый оттенок. Цинк понижает температуру плавления, улучшает текучесть и ослабляет цвет припоя. Палладий входит в состав золотых припоев белого цвета, повышает температуру плавления припоя и окрашивает его в белый цвет. Никель, как и палладий, придает припою белый цвет и используется как составной компонент белого золотого припоя. Он повышает прочность и температуру плавления припоя.

Цвет золотых припоев делят на желтый и белый. Желтые припои употребляются для пайки золота различных желтых оттенков и поэтому имеют красноватые, оранжевые, желтые, зеленоватые цвета. Белые припои по цвету напоминают платину и применяются для пайки изделий из белого золота и платины. При производстве ювелирных изделий используют припои четырех проб – 750, 583, 500, 375. в табл. 9 – 14 приводятся процентное содержание компонентов в рабочие температуры припоев этих проб.

Таблица 2

Золотые припои 750 – й пробы

№ п/п	Компоненты, %					Рабочая температура припоя, °С
	Au	Ag	Cu	Cd	Zn	
1	75,0	3,0	10,0	12,0	-	720-740
2	75,0	15,0	7,35	-	2,65	820-840
3	75,0	14,0	8,0	-	3,0	800-820
4	75,0	13,0	9,0	-	3,0	860-880
5	75,0	6,2	10,4	6,9	1,5	740-760
6	75,0	5,0	14,2	5,0	0,8	750-770
7	75,0	9,5	9,5	-	4,0	
					2,0	760-780

В настоящее время ювелирными предприятиями применяется около 30 серебряных припоев. К серебряным припоям не предъявляются такие жесткие требования, как к золотым: им не обязательно соответствовать пробе изделия. Содержание серебра в серебряных ювелирных припоях колеблется от 50 до 80%. Как правило, серебряные припои – трехкомпонентные (Ag – Cu – Zn), но встречаются двухкомпонентные (без участия цинка) и четырехкомпонентные (с добавкой кадмия или олова). Ювелирные серебряные припои обладают высокой пластичностью, прочностью и хорошей текучестью. Температура плавления их  $650 - 810^0$  С. В табл. 15 приводятся составы серебряных припоев различных проб и их рабочая температура.

Для сохранения спаиваемых поверхностей от окисления, растворения окислов окислившихся металлов, для очищения поверхностей от загрязнения и обеспечения хорошей смачиваемости припоев при пайке применяют флюсы для ювелирной пайки используют приготовленные растворы буры и бурной кислоты. Выбор флюса зависит от степени окисления сплава, подлежащего пайке. Чем больше активно окисляющихся добавок входит в состав сплава и чем выше их содержание, тем тщательнее нужно относиться к выбору и приготовлению флюса.

Самым универсальным флюсом для пайки золотых изделий служит водный раствор буры с борной кислотой в соотношении 1:1 по объему. Для приготовления флюса 20г буры и столько же борной кислоты засыпают в 200 мл воды (лучше дистиллированной), раствор кипятят и охлаждают. Пользоваться этим жидким флюсом очень удобно. Изделия, подготовительные к пайке, смачивают флюсом (окунанием или кисточкой), который благодаря своему жидкому состоянию легко проникает в зазоры будущего изделия. Флюс, приготовленный из буры и борной кислоты, применяют для пайке изделий из золотых сплавов, в которых нет никеля.

В других случаях в качестве флюса при пайке используют насыщенный раствор буры. Насыщенный раствор буры представляет собой жидкую

кашицу, степень густоты которой поддерживают доливанием воды. Флюс готовят следующим образом. В сосуд (бурошницу) с порошкообразной бурой наливают воду, так чтобы она покрыла порошок. Затем бурошницу нагревают до полного растворения буры и охлаждают. Охлаждаясь, раствор кристаллизуется. Кристаллы тщательно перетирают плоской ступкой и заливают водой до образования жидкой кашицы. Этот флюс применяется для пайки серебряных, золотых и мельхиоровых изделий.

**Таблица 3**

**Золотые припои 750 – й пробы**

№ п/п	Компоненты, %						Рабочая температура припоя, ° С
	Au	Ag	Cu	Pd	Ni	Zn	
1	75,0	13,0-11,0	-	12,0-14,0	-	-	900-1100
2	75,0	10,5	4,5	10,0	-	-	800-1000
3	75,0	13,0-9,0	4,0-6,0	8,0-10,0	-	-	800-1000
4	75,0	-	10,0	-	10,5	4,5	840-880
5	75,0	9,67	7,14	-	3,78	4,41	860-900
6	75,0	7,5	5,5	10,0	-	2,0	800-1000
7	75,0	7,0	6,0	-	4,0	8,0	780-820
8	75,0	5,5	5,5	10,0	-	4,0	800-1000

**Таблица 4**

**Золотые припои 583 – й пробы**

№ п/п	Компоненты, %					Рабочая температура припоя, ° С
	Au	Ag	Cu	Cd	Zn	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	58,3	18,0	15,0	8,7	-	800-820
2	58,3	16,5	20,6	-	4,6	820-840

1	2	3	4	5	6	7
3	58,3	13,0	18,5	10,2	-	780-800
4	58,3	12,5	20,6	-	8,6	800-820
5	58,3	12,3	26,1	-	3,3	820-840
6	58,3	11,7	18,5	11,5	-	800-820
7	58,3	11,0	27,0	-	3,7	800-820
8	58,3	10,0	22,7	9,0	-	780-800
9	58,3	19,0	18,5	2,5	1,7	820-840
10	58,3	13,0	12,7	10,0	6,0	740-760
11	58,3	12,5	16,2	10,0	3,0	760-780
12	58,3	11,5	17,5	10,0	2,7	760-780
13	58,3	19,2	12,0	Остальные латунь		800-820
14	58,3	8,0	21,7	12,0	-	820-850

Таблица 5

Золотые припои 583 – й пробы (белые)

№ п/п	Компоненты, %						Рабочая температура припоя, °С
	Au	Ag	Cu	Pd	Ni	Zn	
1	58,3	25,7-23,7	-	16,0-18,0	-	-	1000-1100
2	58,3	31,7-28,7	-	10,0-13,0	-	-	900-1000
3	58,3	31,7-23,7	2,0-6,0	8,0-12,0	-	-	900-1000
4	58,3	-	23,5	-	13,2	6,0	850-900
5	58,3	26,2	7,5	6,0	-	2,0	900-1000
6	58,3	14,7	11,0	-	8,0	8,0	840-860
7	58,3	11,7	4,0	-	8,0	18,0	710-730

Таблица 6

## Золотые припои 500 - й пробы

№ п/п	Компоненты, %					Рабочая температура припоя, °С
	Au	Ag	Cu	Cd	Zn	
1	50,	30,0	20,0	-	-	840–860
2	50,	25,0	18,7	-	6,3	800–820
3	50,0	20,0	20,0	10,0	-	760–780
4	50,0	25,0	16,0	7,4	1,6	720-740

Таблица 7

## Золотые припои 375-й пробы

№ п/п	Компоненты, %				Рабочая температура припоя, °С
	Au	Ag	Cu	Zn	
1	37,5	37,5	25,0	-	840 – 860
2	37,5	28,5	30,0	4,0	800 – 820
3	37,5	11,0	43,0	8,5	820 - 840

Таблица 8

## Серебряные припои различных проб

№ п/п	Компоненты, %					Рабочая температура припоя, °С
	Ag	Cu	Cd	Zn	Sn	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	80,0	12,4	-	7,6	-	780-800
2	80,0	2,5	-	15,5	2,0	700-720
3	75,0	18,6	-	6,4	-	755-775
4	75,0	15,5	-	9,5	-	745-765
5	75,0	14,9	-	10,1	-	740-460
6	74,0	14,0	-	12,0	-	740-760

1	2	3	4	5	6	7
7	72,8	20,7	-	6,5	-	740-760
8	70,0	30,0	-	-	-	770-780
9	70,0	26,4	-	3,6	-	745-765
10	70,0	20,4	-	9,6	-	730-750
11	70,0	18,6	-	11,4	-	720-740
12	68,4	22,9	-	8,7	-	730-750
13	68,0	32,0	-	-	-	770-790
14	66,6	24,3	-	9,1	-	720-740
15	65,5	25,0	-	9,5	-	720-740
16	65,0	35,0	-	-	-	790-810
17	65,0	21,7	-	13,3	-	705-725
18	65,0	20,0	-	15,0	-	700-720
19	63,7	21,0	-	15,3	-	690-710
20	63,0	28,0	-	9,0	-	730-750
21	63,0	25,0	-	12,0	-	715-735
22	60,0	24,8	-	15,2	-	700-720
23	58,3	29,0	-	12,7	-	720-740
24	57,6	28,6	-	13,8	-	710-730
25	50,0	16,0	18,0	16,0	-	650-670

К золотым изделиям с содержанием никеля рекомендуется применять двойное флюсование. Для этого, перед тем как нанести буру на место пайки, изделие следует прокипятить в густом растворе борной кислоты. На прокипяченном изделии образуется тонкая плотная пленка, предохраняющая его от окисления. После этого на изделие наносят флюс насыщенного раствора буры - и изделие готово к пайке. Припой, так же как изделия, перед пайкой офлюсовываются.

Подготовка изделия к пайке заключается в припасовке (подгонке) деталей друг к другу. Спаиваемые поверхности должны быть параллельно припылены напильником или надфилем и плотно состыкованы. Стыковка паяемых площадей может быть обеспечена пружинистостью деталей, плотным наложением деталей, стяжкой с помощью вязальной проволоки, зажимными пинцетами и т.д. Зазор между стыками должен быть плотен настолько, насколько ему позволяет это шероховатость пропиленных площадей. Если величина зазора будет больше 0,1 или меньше 0,025 мм (соответствует стыку полированных площадей), то прочность спая будет недостаточной.

Припой для пайки прокатывается до толщины 0,2 – 0,3 мм и нарезается партинками (порциями), а при серийной пайке изделий, не требующей точной дозы, нарезается ленточками (палочками) с помощью специальных ножниц (рис.17). Ширина ленточек 1,0 – 1,5 мм. Припой также может быть заготовлен в проволоке удобного для пайки сечения. Конкретных требований к дозировке спая нет и быть не может, так как она зависит от величины спаиваемых площадей, величины зазоров и др. Каждый ювелир определяет дозировку индивидуально для каждого изделия опытным путем.



**Рис. 17. Ножницы для резки припоя**

Подготовленное изделие офлюсовывают и укладывают или устанавливают на леткал. Затем пламенем горелки изделие нагревают до высыхания флюса и влажной кисточкой или стальной иглой наносят партинку на место пайки. Изделие продолжают равномерно нагревать до температуры, близкой к температуре плавления припоя. После этого нагревают место спая припоя, не перегревая его до полного растекания. При перегреве мест спая припой может увеличить зазор стыка, излишне оплавить

края стыкового соединения, вспузыриться, образовав поры, или окислиться так, что придется снова заправлять и пропаявать зазор.

При пайке палочкой (ленточкой) изделие прогревают до температуры начала расплавления припоя, затем зажатый в пинцете припой подносят к месту пайки и отсекают (расплавляют) на спай необходимую дозу.

Применение при пайке газовых и бензиновых паяльных аппаратов делают эту операцию опасной. Приступая к пайке, каждый ювелир обязан знать устройство и схему работы используемых паяльных аппаратов, а также правила пользования ими. Пламя зажженной горелки должно быть направлено только в сторону оборудованного для пайки места, а после окончания работы – сразу погашено. Необходимо помнить, что зона воспламенения от направленного под давлением пламени паяльного аппарата – до 50 см. При замеченной утечке газа работа должна быть немедленно прекращена до устранения неисправности. Начиная работу бензиновым аппаратом, надо убедиться в правильности подключения шлангов к бачку. Если шланги подключены неправильно, поток огненной жидкости, вырывающийся из горелки, может вызвать тяжелые ожоги и пожар. При засорении клапана бачка или горелки подкачку воздуха нужно немедленно прекратить, чтобы избежать взрыва бачка.

### **Изготовление ювелирных изделий**

В настоящее время изготовления ювелирных изделий (без учета дешевой галантереи) развивается по четырем направлениям: индивидуальная монтаж, изготовление изделий литьем и филигранной техникой.

Индивидуальная монтаж – это процесс полного изготовления изделия вручную, от слитка и до отделки изделия, а для изделий с камнями до момента закрепки камней. Процесс индивидуального изготовления ювелирных изделий заключается в том, чтобы по исходным – фотографии,

рисунки, чертежу, или описанию, размеру камня (камней) и изделия, массе – выполнить изделие, отвечающее всем требованиям.

Обязательными исходными являются размеры камней, которые выдаются вместе с металлом в качестве материала для изготовления, а для колец и размер кольца. Индивидуальное исполнение изделий – это основа всех способов изготовления, потому что без индивидуально изготовленного образца невозможно перевести изделий в серийное или литейное производство.

Серийная монтировка – более дешевый и более производительные способ. Он заключается в изготовлении ювелирных деталей. Для серийных изделий камни получают огранку по заданным размеров, можно получить отправку и другие детали для них с помощью штамповки. Такие изделия выпускаются большими сериями, что позволяют удовлетворить спрос значительного количества покупателей.

Художественное литье – прекрасный способ размножения ювелирных изделий сложного индивидуального производства и даже филигрании. Литье ювелирных изделий дает возможность сократить ручной труд, повысить производительность и значительно уменьшить потери драгоценных металлов. Однако это способ требует в качестве материала сплавы с хорошими литейными качествами.

Филигранной техникой считается ручное изготовление изделий, заготовкой для которых служит проволока различных сечений. Из отрезков проволоки вручную готовят элементы рисунки, которые затем собирают с помощью пайки.

### **2.3. Изготовление готовых изделий**

Ювелирные изделия классифицируют по двум признакам: назначению и материалам, из которых они изготовлены.

По назначению ювелирных изделия делятся на украшения и принадлежности быта. Наиболее обширную группу составляют украшения – броши различных типов, кольца, серьги, кулоны, колье, булавки, браслеты и т.д. К принадлежностям быта следует отнести: предметы туалета – заколки, гребни, запонки, зажимы, пуговицы, часовые браслеты и др; предметы курения – портсигары, мундштуки; столовые приборы.

По материалам ювелирные изделия делят на три группы. Первая – украшения из драгоценных металлов с драгоценными и полудрагоценными камнями и без них (собственно ювелирные изделия). Вторая – изделия, составляющие сувенирный фонд, изготовленные из недрагоценных металлов с полудрагоценными, поделочными камнями и без них (изделия, представляющие художественный интерес). Третья группа – изделия массового производства из недрагоценных металлов без камней и с камнями – стеклянной и пластмассовой имитацией (изделия дешевой ювелирной галантереи).

Основная продукция ювелирных предприятий - ювелирные украшения. Украшения из драгоценных металлов, как никакие другие, требуют от ювелиров мастерства, аккуратности в изготовлении и индивидуального подхода. Эти украшения долговечны, красивы, не теряют со временем своей ценности, менее подвержены влиянию моды и по праву считаются ювелирными.











### **III. ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ЗОЛОТО И СЕРЕБРО.**

#### **3.1. Характеристики вторичного золото и серебросодержащего сырья.**

Широкое применение золота, серебра и платины в постоянно развивающихся различных областях народного хозяйства требует вовлечения в технологию все большего количества благородных металлов. Это обязывает нас быть предельно экономными в расходовании металлов и использовать все возможности для максимальной реализации ресурсов этих металлов. В настоящее время потребление золота и серебра не перекрывается их добычей, поэтому возрастает роль вторичной металлургии платино - золото и серебросодержащих отходов.

Спецификой вторичной металлургии благородных металлов является многообразие физических форм и химических составов отходов, содержащих благородные металлы.

В большинстве случаев отходы изделий из благородных металлов содержат в себе относительно больше благородных металлов, чем руды, из которых добываются первичные золото, серебро, платина. Поэтому такие отходы выгоднее перерабатывать, чем руды. Но даже при переработке отходов с низким содержанием благородных металлов сбор и использование ценных компонентов из них все же рентабельны вследствие их высокой стоимости.

Основными поставщиками золотосодержащих материалов являются цветная металлургия, приборостроительная и электронная отрасли промышленности. Все сырье можно разделить на несколько видов:

- золотосодержащие сплавы (50 - 60% Au);
- выбракованные детали электронной и электротехнической промышленности (от 0,3 до 20% Au). В этих деталях золото присутствует в виде тонкого поверхностного слоя на металлической, пластмассовой, керамической или смешанной (металлокерамика) основе;

- порошкообразные «сыпучие» отходы: зола фарфоровых производств (25 - 35% Au), шламы золотого электролиза (15 - 25% Au), отходы шлифовально-полировальных отделений ювелирных производств (5-10% Au).

Основными поставщиками серебросодержащего сырья являются фото- и кинопромышленность, химическая, электротехническая и радиопромышленности, зеркальное, часовое и ювелирное производства, лечебные учреждения.

Серебросодержащие отходы фото и кинопромышленности образуются в процессе изготовления, обработки и порчи светочувствительных материалов или износа кинолент и фотоотпечатков.

На переработку поступают следующие основные виды сырья, содержащие серебро, %: серебро бромистое 35 - 66; серебро сернистое 45 - 65; зола кинопромышленности 45 - 52; зола фотобумаги 1,2 - 7; зола фотоотпечатков < 0,5.

Отходы химической промышленности поступают в виде отработанных контактных масс (20 - 80% Ag); отработанных катализаторов (более 80% Ag); шламов (от 60 до 80% Ag); лома серебряной аппаратуры (20 - 25% Ag).

Образование серебросодержащих отходов в зеркальной промышленности происходит в процессе серебрения зеркал, елочных украшений и т. д. В зеркальном производстве образуются следующие отходы, в которых присутствует Ag, %: зеркальный бой 0,05 - 0,2; бой елочных украшений 0,2 - 0,5; лом серебряных кувшинов 10 - 25; сукно серебряных столов (в золе) 40 - 50; шлам серебряных столов 40 - 60; сернистое серебро, получаемое при осаждении серебра из зеркальных серебряных растворов 40 - 60.

В следующих отходах полиграфической промышленности также имеется серебро, %: сернистое серебро 45 - 64; зола фотобумаги и фотоотпечатков 0,4 - 4; зола бумажных фильтров 30 - 60; хлористое серебро - более 50; осадки цементного серебра - более 50.

Отходами ювелирных мастерских и заводов, обрабатывающих благородные металлы, являются соры. Их подразделяют на группы по условиям образования и количеству присутствующего серебра, %: при плавке благородных металлов 0,5 - 7,0; при механической обработке 0,05 - 3,0; при химической и электрохимической обработке серебра 0,05 - 10.

Часовое производство направляет на переработку следующие виды сырья, содержащего Ag, %: серебряные припои - от 15 до 99; серебряные контакты 20 - 80; опилки и стружку - от 10 до 70 и др.

От лечебных учреждений на извлечение серебра поступают, %: зола рентгенопленки и фотоотпечатков - от 0,5 до 50; сернистое серебро 45 - 65.

Большое количество серебросодержащего сырья (до 30 - 40% Ag) перерабатывается в виде отходов электронной и электротехнической отраслей промышленности: вышедшие из строя серебряно-цинковые и серебряно-кадмиевые аккумуляторы (от 30 до 60%); сплавы - контакты, серебряные припои (от 5 до 99%); металлокерамические композиции 25 - 50.

Все отходы благородных металлов можно разделить на два вида сырья:

1) металлическое - серебросодержащие соры и золы, оксидные соединения серебра, серебро электролизное, серебросодержащие бракованные изделия и детали, бракованные полуфабрикаты в виде слитков, проката, проволоки, заготовок, порошков или их отходы; крупные серебряно-цинковые аккумуляторы, бракованные или вышедшие из строя; малогабаритные серебряно-цинковые аккумуляторы и др.;

2) неметаллическое - бромистое, сернистое, хлористое серебро; шламы фиксажных растворов и шламы зеркального производства; серебросодержащие соры, шлифы, зола кино-, фото- и рентгенопленки; катализаторы серебряно-пемзовые и др.; серебросодержащие шлаки.

Кроме перечисленных отходов на переработку поступают другие виды сырья, резко различающиеся химическими и физическими свойствами.

## **Опробование сырья.**

Одинаковые виды отходов могут образоваться на различных предприятиях и в разных количествах, причем масса отходов, поступающих с различных предприятий-поставщиков, может колебаться от нескольких граммов до нескольких тонн. Если при этом учесть необходимость финансовых расчетов завода с поставщиком за находящееся в сырье количество благородных металлов, то становится очевидной особенностью вторичной металлургии благородных металлов, заключающаяся в необходимости опробования всех партий отходов, содержащих ценные компоненты. Опробование выполняют для точного определения количества благородных металлов в поступившем сырье, чтобы рассчитаться с поставщиком; вести строгий учет и контроль за сохранностью благородных металлов; выбрать наилучший метод обработки.

Все сыпучие неметаллические отходы подвергают сушке в электрических печах в течение 3-4 ч для удаления влаги и органических веществ. От высушенного и охлажденного сырья отбирают пробу на механическом пробоотборнике или вручную в зависимости от массы партии. Далее, основную пробу подвергают измельчению, перемешиванию и отбору промежуточной пробы. Промежуточную пробу также измельчают, перемешивают и от нее отбирают три лабораторные пробы - основную, контрольную и арбитражную. На анализ отправляют все основные и до 10% контрольных проб. Арбитражные пробы хранят 6 мес.

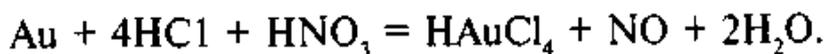
Опробование металлических отходов осуществляется методом приемной плавки с последующим «отсверливанием» промежуточных проб в виде стружки. Опробуемый материал вместе с шихтой плавят в тигле, затем разливают расплав и отбирают головную пробу в виде слитка. С поверхности слитков удаляют шлак, который тоже проходит опробование, и отсверливают от головной пробы промежуточную. Из промежуточной пробы отбирают основную, контрольную и арбитражную пробы.

### 3.2. Способы переработки вторичного золотосодержащего сырья

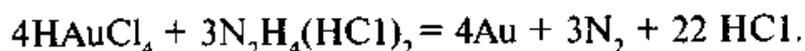
При переработке вторичного золотосодержащего сырья приходится сталкиваться с разнообразием составов, а также со значительными колебаниями содержания золота и серебра. Содержание золота в сырье может изменяться от 1 до 60, а серебра - от 0,1 до 15%. Каждую вновь поступившую партию подвергают опробованию.

В настоящее время существует технология, в соответствии с которой золотосодержащие сплавы направляют на плавку, отходы в виде шлифпорошков - на растворение в царской водке, а отходы в виде деталей - на снятие золота в роданистом или йодистом растворе.

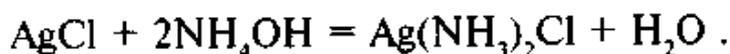
**Переработку вторичных золотосодержащих сплавов** осуществляют в тигельных индукционных печах, таких же как и при переработке серебра. Так как содержание золота в перерабатываемых сплавах превышает 50%, то требуется небольшое количество флюсов: 10 - 30% от массы шихты. Флюсами служат кальцинированная сода и кварцевый песок. Материалы загружают в разогретый тигель и повышают температуру до 1200 - 1250 °С. Выдерживают расплав в течение 0,5 - 1 ч и гранулируют, вливая медленно в воду. Полученные гранулы промывают и помещают в фарфоровые емкости, в которых растворяют их царской водкой (соотношение азотной и соляной кислот 1 : 4) при нагревании до 80 - 90 °С и периодическом перемешивании до полного прекращения реакции. Растворение идет по реакции:



Полученный раствор декантируют и отстаивают в течение 4 - 6 ч для коагуляции AgCl. Осадок AgCl отделяют от раствора фильтрацией, сушат и направляют на плавку, а из осветленного раствора золото можно выделить осаждением солянокислым гидразином или сернокислым закисным железом:



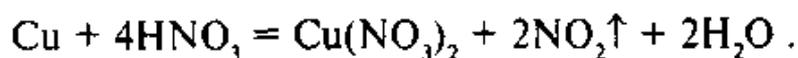
Образовавшийся золотосодержащий шлак промывают горячей дистиллированной водой, а потом 10% -ным раствором  $\text{NH}_4\text{OH}$  для отмывки  $\text{AgCl}$  с образованием растворимого в воде комплекса:



После этого осадок промывают 5 - 10% -ным раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  для отмывки от железа и меди. Отмывку шлама от серебра, меди и железа проводят дважды. Полученный шлам сушат при  $150 - 200^\circ \text{C}$ , плавят с селитрой при  $1250^\circ \text{C}$  и разливают в слитки. Слитки направляются на аффинаж электролизом.

#### **Переработка шлифовальных золотосодержащих порошков.**

Исходные шлифпорошки после опробования загружают в реакторы для растворения золота. Исходное сырье смачивают водой для предотвращения разбрызгивания, после чего добавляют раствор азотной и соляной кислот при соотношении 1:5. Золото растворяется в течение 3 - 4 ч при  $80 - 100^\circ \text{C}$ . По окончании растворения пульпа из реакторов сливается на нутч - фильтр. Отфильтрованный золотосодержащий раствор поступает на осаждение золота солянокислым гидразином ( $\text{N}_2\text{H}_4\text{-HCl}$ ), содержащим медный порошок, который добавляют к основному восстановителю золота - гидразину - для уменьшения общей кислотности, удаления азотной кислоты и предотвращения обратного растворения золота:



Операции осаждения и последующего отстаивания занимают около 5 ч, после чего пульпу сливают на фарфоровый нутч - фильтр и фильтруют. Осадок после трех - четырех промывок горячей водой сушат в электропечи при  $100 - 300^\circ \text{C}$  и направляют на плавку в индукционную печь. После плавки полученные слитки поступают на аффинаж, а шлак - на медеплавильный комбинат.

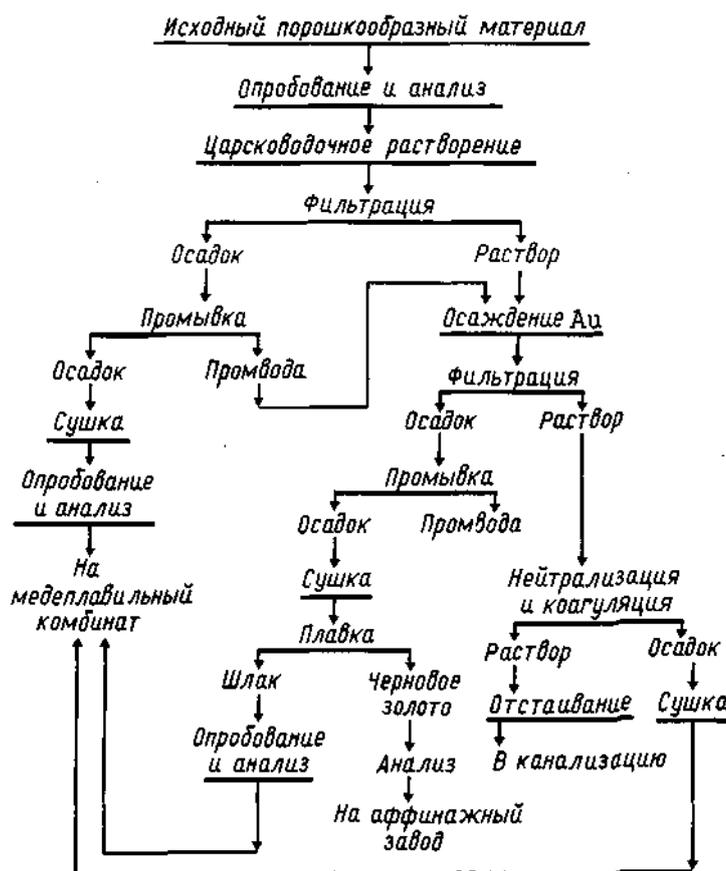


Рис. V.1. Технологическая схема переработки порошкообразных материалов

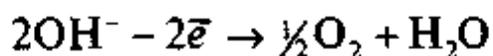
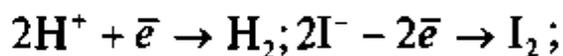
## Переработка изделий из цветных металлов и сплавов, покрытых ЗОЛОТОМ

В радиотехнической и электронной промышленности образуются отходы изделий из цветных металлов и их сплавов, покрытых золотом. В последние годы в радиотехнической промышленности особенно увеличилось количество отходов, содержащих золото на вольфрамовой или молибденовой основе. Толщина золотых покрытий невелика (0,1 - 24 мкм), однако содержание золота в них достигает 20%.

Наиболее перспективной переработкой таких отходов является избирательное растворение золотого покрытия. В качестве инертного растворителя к материалу основы могут быть использованы растворы тиомочевины, роданистого аммония или иода.

В последнем случае используют раствор иода в водном растворе йодистого калия. Золото в полийодидном растворе образует комплекс  $K[AuI_4]$

или  $K[AuI_2]$ . Для снятия золота сырье подвергают электрохимической обработке в полииодидном растворе, содержащем 180 -250 г/л KI и 200 г/л  $I_2$ . Для растворения и извлечения золота из образовавшегося раствора используют реакторы, в которых анодное и катодное пространства разделены с помощью диафрагмы из пористого материала. Наиболее подходящим материалом для диафрагмы служит керамика с порами величиной 0,0001-0,001 мм при толщине стенок 8 мм. Пористая диафрагма при электролитической обработке полииодидного раствора разделяет продукты электродных реакций



и предотвращает обратное растворение губчатого золота, выделившегося на катоде в травильном растворе. Электроды для электрохимического выделения золота изготавливают из стеклоуглерода. Процесс электролитического выделения золота ведут при напряжении 4 - 5 В, плотности тока 20 - 30 А/м<sup>2</sup> в течение 2 - 3 ч, расход электроэнергии 0,2 - 0,4 кВт • ч на 1 г золота. Извлечение золота достигает 99 - 99,8%.

Обеззолоченные отходы идут на получение цветных металлов. Золотой шлам после фильтрации направляется на плавку, а осветленный раствор католита возвращается в процесс.