

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

Луговой В.П.

Лабораторный практикум по дисциплине
«Технология ювелирного производства»

Минск 2017

УДК 671.1 + 739.2

ББК 37.27

Т 38

Рецензенты

– Кафедра «Технологии металлов» Белорусского государственного аграрного технического университета.

Заведующий кафедрой д.т.н. профессор Капцевич В. М.

- Бохан С.Г. - Доцент кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета, к.т.н.

Лабораторный практикум предназначен в качестве методического пособия для проведения лабораторных и практических занятий со студентами специальности «Технология и оборудование ювелирного производства». Практикум включает в себя работы для закрепления теоретических знаний по дисциплине.

Оглавление

Общие указания выполнения лабораторных работ	4
1. Методы опробывания металлов и сплавов	5
2. Исследование процесса листовой прокатки.....	11
3. Исследование процесса волочения.....	18
4. Исследование процесса вырубki заготовок из листового материала	23
5. Изучение процесса вытяжки полых деталей	28
6.Технология изготовления филиграни	34
7. Технология ручного изготовления цепочек	41
8. Гравирование ювелирного изделия	44
9. Изготовление резиновой пресс-формы	49
10. Изготовление воскового блока–модели.....	54
11. Изготовление литейной формы.....	61
12. Химические методы обработки металлов	70
13. Нанесения покрытия методом гальваностегии	78
14. Технология пайки металлов	84
15. Технология закрепления ювелирных камней.....	95
16. Изготовление пустотелого шарика из листового материала.....	99
17. Технология изготовления серьги-кольца	108
Л и т е р а т у р а	114

Общие указания выполнения лабораторных работ

1. Лабораторные работы выполняются бригадами в составе 3 – 4 человек. К выполнению очередной лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности, изучившие порядок ее проведения, показавшие удовлетворительные знания по этим вопросам при опросе. Студенты отчитываются по работе в конце занятия или в начале следующего занятия.

3. Студент, не допущенный к проведению лабораторной работы, от занятий не освобождается, а остается в лаборатории и выполняет ту работу, которую не выполнил в процессе самостоятельной подготовки к занятиям.

4. Студент, не отчитавшийся по двум предыдущим работам, к дальнейшей работе в лаборатории не допускается. Пропущенные студентом лабораторные работы в случае допуска к ним, проводятся в дополнительное время.

5. Каждый студент обязан всегда соблюдать следующий порядок работы в лаборатории:

- изучение выданной преподавателем лабораторной работы первые 15 – 20 мин;
- контрольный опрос в течение 5 – 7 мин на бригаду;
- выполнение экспериментальной части лабораторной работы в течение 20 – 30 мин;
- обработка экспериментальных данных 20 – 25 мин;
- сдача отчета по предыдущей работе 5 – 7 мин на бригаду.

6. В отчете каждой лабораторной работы должны содержаться: изложение теоретической части; краткое изложение последовательности выполнения работы; табличный материал результатов измерений и их обработка, графическое представление анализируемых величин.

7. Выводы должны содержать: констатирующую часть, в которой отражается основная методика и полученные результаты; анализ исследуемых зависимостей с объяснением характера их изменения.

8. По результатам записей, сделанных в лабораторной тетради, оформляется отчет (один на бригаду), согласно требованиям стандартов.

1. Методы опробывания металлов и сплавов

Цель работы: Получить навыки опробования металлов и сплавов химико-аналитическим способом.

Теория. Количество драгоценного металла, содержащегося в сплаве, называется пробой. Различают качественный и количественный анализ металлов. Качественный анализ заключается в определении наличия, а количественный – в определении количественного содержания исследуемого металла. На ювелирных изделиях, изготовленных из драгоценных металлов, проставляется *проба* с помощью специальных инструментов, пломбираторов и аппаратов для клеймения. Метрическая система проб показывает количество драгоценного металла на 1000 частей сплава. Для сплавов золота по стандарту установлены следующие пробы: 958, 750, 585 (583), 375.

Пробирование может проводиться методами неразрушающего и разрушающего анализа. Ювелирные изделия должны проходить пробирование и пробирное клеймение в инспекции пробирного надзора. Опробование может производиться также при проверках в скупках драгоценных металлов, ювелирных мастерских и в ювелирных магазинах.

В настоящее время нашли следующие методы определения проб:

- химико-аналитический;
- на пробирном камне;
- купелированием в муфельной печи.

Химико-аналитический метод заключается в визуальной оценке цвета металла при нанесении химического реактива. Для проведения анализов на распознавание применяют: азотную кислоту, чистую соляную кислоту, серную кислоту, царскую водку, серноокислый хром, йодистый калий, настойку йода, сульфат серебра. Результат химической реакции реактива с металлом проявляется в виде пятна, цвет которого свидетельствует о наличии драгоценного металла (табл. 1.1).

При воздействии азотной кислоты на сплав, содержащий медь и никель, капля кислоты выделяет красный дым и окрашивается в зеленый или голубой цвет. Капля остается белой в присутствии кадмия, цинка или серебра, алюминий не взаимодействует с кислотой.

Чистая соляная кислота бурно реагирует с цинком и алюминием, а золото, платина палладий не реагируют.

Серная кислота (50% раствор) активно реагирует с цинком. При нагреве в не растворяется серебро и олово; медь придает раствору зеленую или голубоватую окраску, палладию - красную, а золото и платина - не реагируют.

Таблица 1.1. - Результаты химической реакции металлов с хлорным золотом

Исследуемый металл	Цвет исследуемого металла	Время протекания реакции, с	Цвет пятна
Серебро	Белый	1–2	Темно-зеленый
Алюминий	Белый	1–2	Желтый, с выделением пузырьков газа, который затем чернеет
Олово	Белый	30–40	Черный
Свинец	Сине-серый	1–2	Грязно-желтый
Сплав серебра	Беловато-желтый	1–2	Черный
Золото	Желтый	1–2	Нет реакции
Золота ниже 583°	Желтый	1–5 мин	Каштановый
Латунь	Желтый	1–2	Черный
Медь	Красный	1–2	Черный
Сплав золота выше 583°	Красный	1–2	Нет реакции
Сплав золота ниже 583°	Красный	1–5 мин	Золотистый, каштановый

Царская водка окрашивается в зеленый или голубой цвет, кобальт в розовый, а свинец, олово, цинк и кадмий не дают окраски. Серебро, теряя блеск и белую окраску, приобретает цвет белой слоновой кости; золото теряет блеск и растворяется в горячей смеси, окрашиваясь в красно-желтый цвет; палладий быстро растворяется, придавая смеси желто-красную окраску; платина плохо поддается нагретой смеси, придавая ей желто-коричневую окраску.

Сернистый хром реагирует с серебром, окрашиваясь в красный цвет. Раствор готовят последовательным растворением в 70 мл воды 20 мл концентрированной серной кислоты и 10 г бихромата калия.

Йодид калия применяют для распознавания палладия. Намоченный соляной кислотой и посыпанный йодид калия, палладий приобретает красный цвет.

Настойку йода применяют для определения белого золота, платины и палладия.

Сульфат серебра применяют для отличия серебра от имитирующих его металлов. Капля раствора не изменяет цвета чистого серебра; если металл не благородный - пятно становится черным, а на сплаве серебра образуется пятно серого цвета.

Для определения пробы сплава золота химическим способом проводят анализ хлорным золотом, для чего на чистую поверхность исследуемого металла наносят капли раствора. Кроме раствора хлорного золота для опробования золота применяют кислотные реактивы (таблица 1.2), а для опробования серебра – растворы хромпика, азотнокислого серебра и железистосинеродистого калия (таблица 1.3).

Таблица 1.2 - Состав кислотных реактивов для опробования золота

Проба золота	Количество, мл		
	Азотной кислоты	Соляной кислоты	Дистиллированной воды
375	59,5	-	40,5
500	100,0	-	-
750	59,3	1.1	39,6
958	69,2	2,0	28,8

Таблица 1.3 - Состав растворов азотнокислого серебра для опробования серебра

Проба серебра	Количество, мл	
	Азотнокислого серебра, г	Дистиллированной воды, мл
750	0,45	100
800	0,5	100
875	0,7	100
916	0,75	100
925	0,8	100

Метод пробирования *на пробирном камне* заключается в визуальном сравнении результатов химической реакции металла-эталоны в виде (пробирной иглы) и испытуемого металла с реагентами. Пробирный камень изготавливают из мелкозернистого кремниевого сланца черного цвета, содержащего свыше 70% кремнезема SiO_2 , глинистых материалов, слюду и других элементов. Пробирная игла изготавливается из латуни длиной 6 см, к концу которой припаяна полоска из сплава драгоценных металлов установленной пробы. Испытуемым металлом проводят на пробирном камне черту длиной 10–15 мм и шириной 2–3 мм, а рядом с ней наносят несколько штрихов сплавом эталонной пробирной иглы. Поперек этих штрихов наносят пробирный реактив стеклянной палочкой и через 10–20 секунд визуально делают вывод о соответствии образца эталону и, таким образом, о содержании золота в сплаве.

Такой метод пробирования обеспечивает точность в диапазоне 2–5 проб. Принято условие, что чистое золото имеет пробу 999,9. Допускаемое отклонение для изделий при опробовании на пробирном камне составляют:

- золотых не более + 5 проб (но для золота 583 пробы ± 5 проб);
- серебряных – не более + 5 проб;
- платиновых не более + 10 проб;
- палладиевых не более + 15 проб;
- серебряных мелких филигранных изделий ± 20 и т.д.

В тех случаях, когда изделия не соответствуют пробе, их клеймят буквами - НП.

Для опробования необходимо иметь набор эталонных игл каждой пробы, различных по цвету и лигатуре. Например, только для исследования пробы 583 используются пятнадцать игл, различающихся по цвету.

Состав химических реактивов для пробирования различных сплавов, различен. Для определения проб сплавов золота и серебра можно использовать хромпик (двуххромовокислый калий), азотнокислое серебро, железистосинеродистый калий, а для сплавов платины и палладия — йодистый калий.

Платина или ее сплавы растворяются только в горячей плавиковой кислоте. Наличие реакции штриха с пробирной кислотой свидетельствует о том, что исследуемый металл является не платиной.

Сплавленные металлы требуемой пробы перед дальнейшей обработкой подвергают химическому анализу. Отливки из сплавов драгоценных металлов считаются по пробе годными, если результаты анализов сплава, взятых из различных участков блока отливок, имеют расхождение не более чем на 0,15% по серебру, а проба сплава золота не выходит за пределы, установленных нормативно-технической документацией. Результирующая проба рассчитывается как среднеарифметическое значение проб верхнего и нижнего образцов-свидетелей. Годные по пробе блоки отливок подвергаются размонтировке. После проверки качества годные отливки сдаются в кладовую, забракованные — в кладовую брака.

Для проведения пробирования *муфельным методом* используется муфельная печь. Иногда этот метод называют также *купелированием*. Его сущность заключается в выведении золота из исследуемого сплава и определении его количества в общей массе сплава. Для этого исследуемый сплав предварительно сплавляют со свинцом, добавив флюсы. Полученный сплав исследуемого металла со свинцом называется *веркблеем*. Веркблей подвергается окислительному

плавлению при температуре 1123 °С в специальном огнеупорном сосуде — *купели*. Купель изготавливается из чистой костяной муки или магнезита с цементом. Купель вместе с веркблеем помещают в муфельную печь. В условиях высокой температуры купель обладает свойством всасывать в себя оксиды свинца и легирующие металлы. Купелирование в печи завершается так называемым цветением, т.е. появлением радужных кругов над сплавом, и бликованием, т.е. излучением блеска. Образовавшийся сплав драгоценных металлов, состоящий из золота и серебра, называется *корольком*. Застывший сплав-корольек раскатывают в ленту и воздействуют на него азотной кислотой, в результате чего серебро выводится из сплава. Осадок золота просушивают, прокаливают и взвешивают для установления пробы.

Массу составляющих шихты при литье по выплавляемым моделям устанавливают в расчёте на отдельный блок определенных отливок деталей: кастов, вершук, накладок, шинок и т.д. Исходными данными для расчетов являются: масса $M_{б.п.с}$ модельного блока с резиновым поддоном и стержнем, определяемая каждый раз путем взвешивания, масса M_p резинового поддона, масса M_c стержня, плотность P_c выбранного для плавки сплава, плотность $P_{м.с}$ модельного состава, добавочная масса M_d на формирование литниковой чаши.

Общую массу шихты, необходимую для получения блока отливок подсчитывают по формуле

$$M_{ш} = (M_{б.п.с} - (M_p + M_c) / P_{м.с}) (P_c + M_d).$$

Содержание же элементов в шихте $\mathcal{E}_{ш}$ определяется по формуле, согласно которой

$$\mathcal{E}_{ш} = (M_{г.с} \cdot C_э) / (100 - Y_э),$$

где $M_{г.с}$ — масса готового сплава, г; $C_э$ — содержание элемента в готом сплаве, %; $Y_э$ — угар элемента в процессе плавки и литья, %.

Содержание составляющих шихты X рассчитывается по формуле

$$X = (M_{г.с} \cdot C_э) / (100 - Y_э) - M_1 B_1 - \dots - M_n B_n,$$

где M_1, \dots, M_n — принятое или рассчитанное количество составляющих шихты, г; B_1, \dots, B_n — содержание элемента в определенной составляющей шихты, %.

Угар элементов принимается равным (%): для золота 0,1 – 0,2; для серебра 0,2 – 0,5; для меди 0,5 – 1,5; для никеля 0,3 – 0,8, для цинка 2 – 10.

ЗАДАНИЕ

Идентифицировать с помощью химических растворов различные металлы и сплавы.

1. Алюминий, золото 585°, цинк.
2. Латунь, серебро 875°, свинец.
3. Медь, олово, серебро 875°.
4. Платину, припой ПСР – 40, серебро 875°.
5. Золото 585°, медь, латунь.
6. Цинк, олово, свинец.
7. Платину, белое золото 585°, серебро 875°.
8. Цинк, серебро 875°, алюминий.
9. Припой ПСР – 40, серебро 875°, алюминий.
10. Белое золото 585°, олово, цинк.
11. Платину, олово, цинк.
12. Припой ПСР – 40, цинк, олово.
13. Низкопробный сплав золота, медь, латунь.
14. Низкопробный сплав золота, золото 585°, латунь.
15. Свинец, припой ПСР – 40, олово.

Контрольные вопросы

1. Назовите методы пробирного анализа.
2. Как выполнить химико-аналитический пробирный анализ металлов?
3. Какие реактивы применяют для пробирования сплавов золота и серебра?
4. Какова достижимая точность опробования сплавов драгоценных металлов?
5. Как оценить наличие драгоценных металлов в сплаве?

2. Исследование процесса листовой прокатки

Цель работы: экспериментально определить основные параметры деформации при листовой прокатке изделий из ювелирных сплавов.

Теория. Производство изделий из цветных металлов и сплавов включает следующие металлургические переделы: литье слитков или длинномерных заготовок, обработку металлов давлением (ОМД), процессы получения заготовок порошковых материалов (компактирование), термообработку для формирования структуры и свойств изделий.

Обработка металлов давлением включает ряд технологических операций, при помощи которых достигается уменьшение площади поперечного сечения и изменение формы металлических заготовок. Достоинством обработки металлов давлением является высокая экономическая эффективность и возможность получения требуемой структуры и свойств металла. Типовой технологический процесс обработки металлов является многооперационным, состоящим из набора простых операций.

К основным методам обработки металлов давлением относятся: листовая и сортовая прокатка, прессование, ковка, листовая и объемная штамповка. В некоторых случаях обработку металлов давлением осуществляют предварительным нагревом металла для повышения его пластичности. В связи с этим, различают горячую и холодную обработку металлов давлением. Горячая деформация в ювелирном производстве применяется редко и в основном при ковке заготовок под последующую прокатку или при прессовании.

Однако обработка металлов давлением может сопровождаться возвратными потерями металла на облой, обрезки и прочие отходы. В связи с высокой стоимостью благородных материалов и их сплавов особенно актуальным является экономия металла на различных переделах обработки. Количественно она оценивается коэффициентом использования металла. Для различных методов обработки он составляет:

- холодная объемная штамповка – 0,82;
- холодная листовая штамповка – 0,75;
- холодная листовая прокатка – 0,85;
- прессование – 0,78;
- волочение – 0,82.

Обработка давлением благородных металлов и сплавов является одним из перспективных направлений в производстве благодаря

высокой пластичности, технологичности и хорошей обрабатываемости этих металлов. Многочисленные элементы ювелирных изделий изготавливают методами холодной листовой или объемной штамповки на операциях вырубки, пробивки, вытяжки, гибки и формовки. Заготовки для этих переделов получают холодной листовой прокаткой. А многие разновидности ювелирных цепочек из драгоценных металлов изготавливают с помощью цепевязальных автоматов из тонкой проволоки, которую получают холодным волочением.

Процесс пластической деформации металла между двумя и более вращающимися рабочими валками называется *прокаткой*. Существуют несколько технологических схем прокатки. Они различаются:

- направлением обработки (продольная, поперечная, винтовая и комбинированная). Наиболее распространена продольная листовая прокатка, которая осуществляется двумя цилиндрическими валками с параллельными осями и одинакового диаметра, вращающимися в разные стороны с одинаковыми окружными скоростями;
- температурным состоянием прокатываемого металла (холодная и горячая прокатка);
- формой получаемого изделия (в виде листа, сплошного и полого профиля).

При прокатке происходит изменение размеров заготовки по трем взаимно перпендикулярным направлениям: толщина полосы уменьшается с h_0 до h_1 , а ее ширина и длина увеличиваются, соответственно, с b_0 до b_1 и с l_0 до l_1 . Эти изменения размеров характеризуются соответствующими параметрами деформации, которые можно разбить на четыре группы:

1. абсолютные изменения размеров:

- абсолютное обжатие $\Delta h = h_0 - h_1$;
- абсолютное уширение $\Delta b = b_1 - b_0$;
- абсолютное удлинение $\Delta l = l_1 - l_0$.

2. относительные изменения размеров:

- относительное обжатие $\varepsilon_h = \Delta h / h_0$;
- относительное уширение $\varepsilon_b = \Delta b / b_0$;
- относительное удлинение $\varepsilon_l = \Delta l / l_0$

3. коэффициенты деформации:

- коэффициент обжатия $\eta = h_1 / h_0$;
- коэффициент уширения $\beta = b_1 / b_0$;
- коэффициент вытяжки $\lambda = l_1 / l_0 = F_0 / F_1$,

где F_0 , F_1 – площади поперечного сечения полосы, соответственно, до и после деформации.

4. логарифмические показатели деформации:

- обжатия $\ln h_0 / h_1$;
- уширения $\ln b_1 / b_0$;
- вытяжки $\ln l_1 / l_0$.

При пластической деформации металла его объем остается постоянным, поэтому

$$\frac{h_0 b_0 l_0}{h_1 b_1 l_1} = \eta \beta \lambda = 1 \quad (2.1)$$

Прологарифмировав последнее выражение и умножив его на объем V , получим распределение смещенного по высоте металла во время прокатки на поперечном и продольном направлениях

$$V_h = V_b - V_l. \quad (2.2)$$

Если исходная заготовка при прокатке имеет прямоугольное сечение, толщина которой до деформации равна h_0 , а после n пропусков стала h_n , то суммарная вытяжка будет равна произведению вытяжек за каждый пропуск:

$$L = h_0 / h_n + \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n \quad (2.3)$$

Одним из показателей деформации при прокатке является скорость деформации, которая распределяется неравномерно по дуге захвата

$$u = d\varepsilon/dh = dh/h \cdot dt, \quad (2.4)$$

Для определения средней скорости деформации при прокатке используют формулу А.И. Целикова:

$$u_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{вых}}}{h_0} \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}, \quad (5)$$

где $V_{\text{вых}}$ – скорость выхода металла из валков; R – радиус валков.

Необходимым условием для осуществления процесса прокатки является захват заготовки валками обусловленный трением заготовки с валками, которое может быть достигнуто при определенных условиях. Это условие может быть установлено теоретическими расчетами.

При соприкосновении металла с валками на него действуют две силы N , нормально направленные к поверхности валков в точке соприкосновения металла с валками, и две силы трения T ,

направленные по касательной в точке соприкосновения (рисунок 2.1). Проектируя силы N и T на ось прокатки x , и исходя из условия равновесия всех сил в зоне деформации, получим

$$T = \mu N, \quad (2.6)$$

где $N_x = N \sin \alpha$, $T_x = T \cos \alpha$.

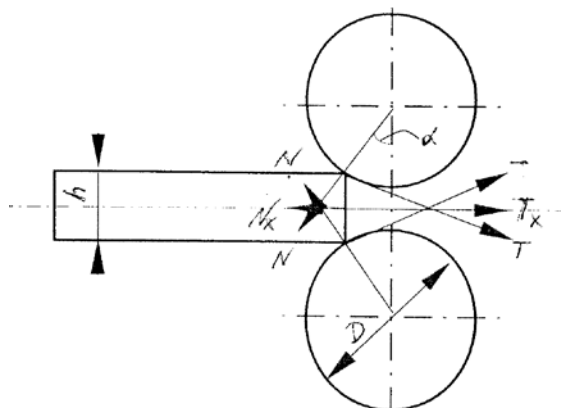


Рисунок 2.1 - Силы, действующие на металл при захвате его валками

Сила N_x стремится вытолкнуть металл из валков, а сила T_x – втянуть металл в валки, поэтому захват металла валками произойдет в том случае, если $T \cos \alpha > N \sin \alpha$. Принимая во внимание, что на начальном этапе прокатки сила трения определяется по закону Амонтона-Кулона

$$T = \mu N,$$

условие захвата может быть записано

$$\mu > \operatorname{tg} \alpha \text{ или } \rho > \alpha, \quad (2.7)$$

где μ – коэффициент трения между металлом и валками; α – угол захвата.

Из выражения (2.7) следует, что захват металла валками произойдет в том случае, если тангенс угла захвата будет меньше коэффициента трения.

Углом захвата α является центральный угол, опирающийся на дугу захвата или дугу контакта деформируемого металла при прокатке.

Угол захвата вычисляется по формуле

$$\alpha = \arccos(1 - \Delta h / D), \quad (2.8)$$

Так как $1 - \cos \alpha \approx 2 \sin^2 \alpha / 2$ и при небольших углах ($\alpha < 15^\circ$) $\sin \alpha \approx \alpha$, то

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}, \quad (2.9)$$

Следовательно, захват металла между валками можно улучшить за счет:

1) увеличения коэффициента трения при снижении скорости вращения валков, горячей прокатке и повышении температуры деформации, а также при повышении шероховатости поверхности валков, что может привести к снижению качества поверхности проката;

2) уменьшения предельного угла захвата (при заданном диаметре валков) уменьшением степени обжатия, уменьшением исходной толщины заготовки, а также увеличением диаметра валков;

3) приложения горизонтальной вталкивающей силы и образования площадки смятия переднего конца заготовки.

При одинаковых условиях контакта металла и валков при прокатке различают три коэффициента трения, которые существенно отличаются между собой. Это коэффициент трения при захвате; при буксовании по контактной поверхности и при установившемся процессе.

Для установившегося процесса прокатки равнодействующая сил, действующих на деформируемый металл, будет проходить через угол φ , который в первом приближении можно принять $\varphi = \alpha/2$. Поэтому установившийся процесс прокатки осуществим легче почти в два раза, чем его начальная стадия (захват). Таким образом, захват является наиболее ответственной частью операции прокатки. Надежность захвата полосы валками можно обеспечить путем выбора оптимального режима обжатия, который может быть установлен для различных металлов в зависимости от предельно допустимого угла захвата (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Предельные углы захвата α для различных сплавов

Прокатываемый металл	Условия прокатки	Значения α , град
Драгоценные металлы и сплавы	Холодная прокатка	16 – 20
Алюминиевые сплавы	Горячая прокатка (при 350°С)	18 – 22
Латунь Л62 и Л68	Горячая прокатка (при 800°С)	21 – 24
Мельхиор	Горячая прокатка (при 950°С)	20 – 22

При выборе режимов обжатия драгоценных металлов и сплавов необходимо учитывать максимальную степень обжатия, приведенную в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Максимальная степень обжатия при прокатке драгоценных металлов

Прокатываемый металл	Проба	Значения $\varepsilon_{h \max}$, %
Сплав серебра	875, 916	70
Сплав золота	375	50–55
Сплав золота	585	55–60
Сплав золота	750	60–65
Сплав золота с никелем	585, 750	40
Сплав золота с палладием	750	55

Порядок выполнения работы

1. Взять три образца металлов и измерить их длину, толщину, ширину.
2. Установить валки так, чтобы зазор между ними составлял не более 1 мм. Каждый образец положить на стол прокатного стана и при помощи деревянного бруска слегка прижать его к вращающимся валкам. Затем медленно поднимать верхний валок до тех пор, пока не произойдет захват образца валками с последующей прокаткой.
3. Определить параметры деформации прокатки, предельные углы захвата и коэффициенты трения по вышеприведенным формулам, замерив размеры образцов после прокатки и диаметр валков.
4. Все данные занести в таблицу 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 - Параметры деформации процесса прокатки

№	Размеры образцов, мм						Относительные изменения размеров, %			Коэффициенты деформации			Логарифмические показатели деформации		
	до прокатки			после прокатки			ε_h	ε_b	ε_l	η	β	λ	$\ln(h_0/h_1)$	$\ln(b_1/b_0)$	$\ln(l_1/l_0)$
	h_0	b_0	l_0	h_1	b_1	l_1									

Таблица 2.4 - Технологические параметры процесса прокатки

№	Материал образца	Диаметр валка D , мм	Угол захвата α , град	Коэффициент трения μ при захвате	Нейтральный угол γ , град	Опережение S , %
1	Сплав 1					
2	Сплав 2					

Контрольные вопросы

1. Назовите параметры деформации при прокатке?
2. Как технологические параметры прокатки влияют на предельный угол?
3. В чем особенность прокатных валков для листовой прокатки?

3. Исследование процесса волочения

Цель работы: изучить влияние степени деформации на механические свойства проволоки при волочении.

Оборудование, приспособления, инструменты: волочильная доска с диаметрами выходного канала 2,9; 2,6; 2,4; 2,2 и 2,0 мм, микрометр и штангенциркуль.

Теория. Процесс волочения заключается в протягивании заготовки через плавно сужающийся канал волоки. При этом поперечные размеры заготовки уменьшаются, а ее длина увеличивается (рисунок 3.1).

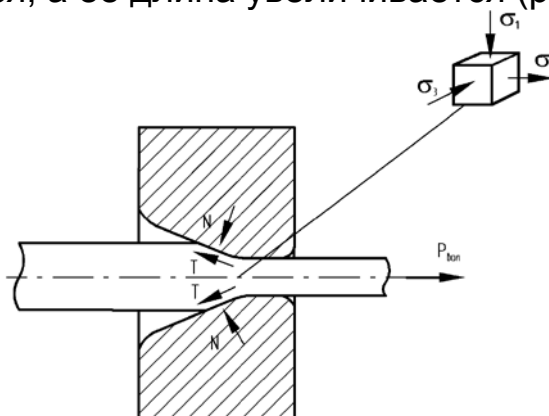


Рисунок 3.1 – Силы и напряжения, действующие на металл при волочении

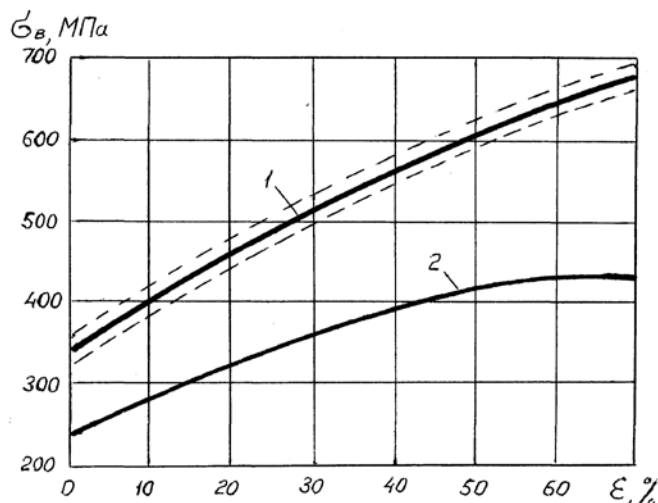
Продольный профиль волоки состоит из входной, обжимающей, переходной, калибрующей и выходной зон. Каждая зона имеет свое назначение. В *обжимающей зоне* происходит основная деформация при волочении.

На механические свойства проволоки влияет степень пластической деформации. Изменение механических свойств материала может быть достигнуто промежуточной термообработкой: полным отжигом, низкотемпературным отжигом, нормализацией и закалкой. Для придания металлу пластичности осуществляют *полный отжиг* – нагрев наклепанного металла до температуры выше точки рекристаллизации с дальнейшим медленным охлаждением. *Низкотемпературный отжиг* – это нагрев металла до температуры, близкой к точке рекристаллизации, при которой происходят частичное разупрочнение металла, заметный рост его пластичности, а также снятие внутренних напряжений. Такое состояние принято называть полутвердым. *Нормализация* – это нагрев металла до температуры ниже точки рекристаллизации, при которой механические свойства изделия после холодной пластической обработки почти не изменяются, но снимаются внутренние напряжения.

Нормализацию применяют главным образом к готовым изделиям из латуни и бронзы. Закалку применяют к изделиям из термоупрочняемых сплавов. *Закалка* – это нагрев сплава выше точки фазовых превращений с последующим быстрым охлаждением. Нагрев изделий для термообработки осуществляют в печах различного типа: электрических камерных, пламенных мазутных и газовых камерных, электрических шахтных вертикальных, вакуумных, муфельных электропечах сопротивления, печах с кипящим слоем, а также в селитровых и соляных ваннах. Режимы термообработки являются температура нагрева изделий, время выдержки при заданной температуре, условия охлаждения.

Ряд последовательных изменений размеров поперечного сечения проволоки при протягивании ее через несколько волок называется *переходами* или *маршрутом волочения*.

Процесс волочения в холодном состоянии приводит к изменению структуры металла, росту прочностных характеристик деформируемого металла и снижению показателей пластичности. Интенсивное изменение механических свойств наблюдается на начальных проходах и уменьшается с увеличением суммарной степени деформации. Данная зависимость аналогична изменению свойств изделий во время холодной прокатки (рисунок 3.2). При достижении предельной степени деформации в объеме деформируемого металла образуются микротрещины с последующим хрупким разрушением.



1 – сплав на основе золота 3лСр585-80; 2 – сплав на основе меди М1
Рисунок 3.2 - Зависимость механических свойств сплавов от степени деформации

Процесс волочения характеризуется следующими деформационными показателями:

коэффициентом вытяжки μ

$$\mu = \frac{F_H}{F_K} = \frac{1}{1+\varphi} \quad (3.1)$$

относительным обжатием φ , определяемым по формуле

$$\varphi = \frac{F_H - F_K}{F_K} = \frac{\mu}{1+\mu} \quad (3.2)$$

где F_H , F_K – площадь поперечного сечения заготовки и проволоки соответственно.

Предельные обжатия за один проход φ_i и суммарные обжатия φ_Σ между отжигами при волочении проволоки представлены в таблице.3.1

Таблица 3.1 – Предельное и суммарное обжатие цветных металлов

Материал	Марка сплава	Предельные обжатия за один проход, φ_i	Суммарные обжатия, φ_Σ
Медь	М0, М1	17–50	99–100
Латунь	Л63	18–40	60–80
Латунь	ЛС59-1	20–32	35–50
Алюминиевый сплав	Д1 – Д16	15–30	60–70

Сила, под действием которой происходит протягивание, называется *силой волочения* P_v . В процессе волочения на заготовку со стороны волоки действуют нормальная сила N и сила трения T , направленные в противоположную сторону от силы волочения. Величина, равная отношению силы волочения P_v к площади поперечного сечения проволоки после волочения F_K , называется *напряжением волочения* p . Напряжение волочения p должно быть больше предела текучести протянутого металла. В противном случае деформация будет происходить за зоной деформации волоки, что приведет к утонению отдельных участков проволоки или к ее обрыву в процессе волочения

$$p = \frac{P_v}{F_K} > \sigma_T$$

Если напряжение волочения p превысит предел прочности полученной проволоки σ_v , то произойдет её обрыв.

Коэффициент запаса K_z , равен

$$k_z = \frac{\sigma_B}{p}$$

где σ_B – предел прочности протянутого металла, МПа.

Для расчетов коэффициент запаса принимают 1,4–2,0.

Сила, необходимая для волочения, является одним из основных параметров, характеризующих технологический процесс волочения. При уменьшении силы волочения снижается напряжение волочения, опасность обрывов и износ волокна, сокращается расход энергии на деформацию металла.

Величину силы волочения можно определить экспериментально или аналитически. Аналитический расчет силы волочения проволоки можно произвести по формуле А.П. Гавриленко:

$$P_B = \sigma_{BH} (F_H - F_K) \frac{1}{f \operatorname{ctg} \alpha}, \quad (3.3)$$

где P_B – сила волочения, Н; σ_{BH} – временное сопротивление разрыву металла до волочения, МПа; F_H , F_K – площади поперечного сечения заготовки и проволоки до и после волочения, мм²; f – коэффициент трения (при смазке машинным маслом $f = 0,10$ – $0,12$); α – угол волокна обычно составляет (8–14)°.

Угол α между образующей конуса обжимающей зоны и осью волокна называется *углом волокна*. Увеличение угла волокна приводит к увеличению дополнительных сдвигов во время деформации, повышает неравномерность деформации и упрочнение деформируемого металла. При ухудшении условий трения смазка выдавливается в сторону входа в волочильный канал. Все это приводит к росту сил и напряжений волочения. В свою очередь значительное уменьшение угла волокна вызывает увеличение контактной поверхности и сил трения, что также способствует росту сил и напряжений волочения. Поэтому при волочении существует зона оптимальных углов волокна, обеспечивающих минимальное значение сил и напряжений волочения при прочих равных условиях.

Порядок выполнения работы

Используют отожженные образцы проволоки длиной не менее 100 мм.

1. Замерить перед волочением диаметр и длину проволоки и изготовить захватку (утонить конец).

Определить механические свойства: временное сопротивление разрыву (предел прочности) σ_v и относительное удлинение δ .

2. Протянуть образец через волоку последовательно с диаметрами 2,6; 2,4; 2,2 и 2,0 мм и т.д., смазывая поверхность проволоки машинным маслом.

3. Измерить диаметр и длину образца после каждого прохода.

4. Рассчитать δ и определить механические свойства σ_v по графику.

5. Рассчитать силу волочения по формуле (3.3), напряжение волочения по формуле и коэффициент запаса по формуле для каждой протяжки.

Таблица 3.2 - Результаты расчета силы волочения P_v

Диаметр проволоки D_n , мм	Параметры процесса волочения			Механические свойства			
	Площадь образца F_n , мм ²	Относительное обжатие, %		Коэф. вытяжки, μ	Относительное удлинение δ , %	Предел прочности σ_v , МПа	Сила волочения P_v , кН
		за проход φ_i	суммарное φ_Σ				
2,4		0	0	0			
2,2							
2,0							
1,8							
1,6							
1,4							

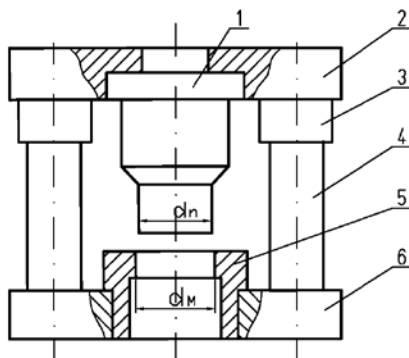
Контрольные вопросы

1. Каким образом протекает формоизменение металла при волочении?
2. Каковы основные параметры деформации при волочении?
3. Как влияют технологические параметры на силу и напряжение волочения?
4. Какой угол волоки является оптимальным и как он определяется?

4. Исследование процесса вырубki заготовок из листового материала

Цель работы: экспериментально исследовать процесс вырубki деталей.

Теория. Листовой материал толщиной от 0,15 до 4 мм называется тонколистовым. *Листовая штамповка* – вид обработки металлов давлением, в котором изделия изготовляют из листа, полосы, ленты толщиной до 10 мм. Листовая штамповка осуществляется в штампах (рисунок 4.1). Основными деталями штампа являются пуансон и матрица, а вспомогательными – плиты, направляющие колонки, прижимы, съемники, выталкиватели и т.д., и на механических и гидравлических прессах.



1 – пуансон; 2 – верхняя плита; 3 – направляющая втулка; 4 – направляющая колонка; 5 – матрица; 6 – нижняя плита

Рисунок 4.1 - Штамп вырубной

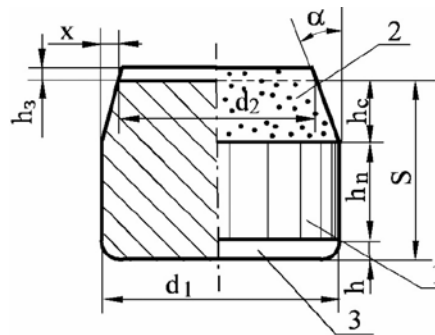
Все операции листовой штамповки можно классифицировать на две группы: разделительные и формоизменяющие.

Формоизменяющие операции позволяют получать из плоских или полых заготовок пространственные детали требуемой формы без разрушения материала. Операциями *формоизменения* являются: гибка, вытяжка, обжим, раздача, отбортовка, формовка, закатка, чеканка и др.

Разделительные операции обеспечивают отделение одной части заготовки от другой по замкнутому или незамкнутому контуру. При разделительных операциях происходит разрушение металла по заданной границе, а разделение заготовки осуществляется путем смещения ее смежных частей в направлении толщины заготовки. Разделительные операции - это отрезка, обрезка, разрезка, надрезка, вырубка, пробивка и др.

Вырубка – это процесс отделения одной части материала от другой по замкнутому или незамкнутому контуру, производимый с помощью штампов на механических или гидравлических прессах. При этом отделяемая часть металла является изделием, а оставшаяся – отходом. При *пробивке*, наоборот, отделяемая часть металла является отходом, а оставшаяся – изделием.

На поверхности разделения материала наблюдаются три зоны (рисунок 4.2): 1 – блестящая полоса (стадия пластического внедрения рабочего инструмента в материал); 2 – матовая шероховатая полоса (стадия скалывания); 3 – зона утяжки.



h_3 – высота верхней зоны утяжки; h_n – высота блестящего пояса;
 h_c – высота участка скола; h – высота нижней зоны утяжки; α – угол скола
 Рисунок 4.2 - Характер поверхности разделения вырубаемой детали и ее геометрические параметры

Для осуществления вырубки материала между пуансоном и матрицей необходим зазор z определенной величины, от величины которого зависит усилие вырубки, работа деформации характер формирования поверхности разделения. Вырубка при малых зазорах сопровождается увеличением усилия и работы деформации, а также повышенным износом инструмента. Разделение металлов с малой пластичностью происходит с образованием вырывов и неровностей на поверхности скола. При вырубке с увеличенным зазором происходит искривление детали с большими закруглениями со стороны матрицы и сильно скошенной поверхностью скалывания с образованием толстых рваных заусенцев. Зазор, при котором обеспечивается получение качественной поверхности разделения материала, называется *оптимальным*.

Усилие вырубки может быть определено по формуле

$$z_{min} = AS^2 BS, \quad (4.1)$$

где z – оптимальный односторонний зазор, мм; S – толщина разрезаемого металла, мм; A, B – коэффициенты, значения которых получены эмпирически (табл. 4.1).

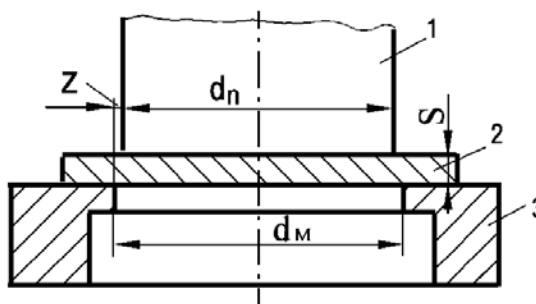
Таблица 4.1 - Значения коэффициентов A и B в зависимости от состояния материала

Коэффициент	Состояние материала			
	мягкий	полутвердый	твердый	закаленный
A	0,008	0,009	0,010	0,030
B	0,010	0,060	0,080	0,200

Фактический односторонний зазор можно рассчитать по формуле

$$z = (d_m - d_n) S / 2, \quad (4.2)$$

где d_m, d_n – диаметры матрицы и пуансон соответственно (рисунок 4.3).



1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матрица
Рисунок 4.3 - Схема вырубki в вырубном штампе

Для уменьшения усилия вырубki (пробивки) цилиндрических изделий применяют инструмент с наклонными вовнутрь или наружу режущими кромками.

Качество поверхности разделения оценивается показателями ее геометрических несовершенств с учетом следующих коэффициентов:

- утяжки $K_y = h_y / S$;
- блестящего пояса $K_n = h_n / S$;
- скола $K_c = h_c / S$;
- непрямолинейности $K_x = x / S$;
- величиной $K_\alpha = \operatorname{tg} \alpha = x / S$,
- высотой заусенца h_z .

Высокому качеству детали соответствуют сравнительно большие коэффициенты K_n и сравнительно малые коэффициенты K_y, K_c, K_x, K_α .

Характер поверхности разделения можно классифицировать по классам геометрических несовершенств (таблица 4.2).

Силу вырубki определяют по формуле

$$P_B = S \Pi \sigma_{cp} K, \quad (4.3)$$

где S – толщина разрезаемого металла, мм; Π – периметр вырубленной заготовки, мм, $\Pi = \pi D$; σ_{cp} – сопротивление срезу, МПа; K – опытный расчетный коэффициент, $K = 1,3$

Таблица 4.2 - Значения коэффициентов геометрических несовершенств поверхности разделения деталей

Класс геометрических несовершенств	K_y	K_n	K_x	K_a
1	<0,14 <0,05	>0,65 >0,11	<0,01 <0,02	<0,05 <0,02
2	0,14 / 0,18 0,050 / 0,065	0,55 / 0,65 0,08 / 0,11	0,01 / 0,04 0,02 / 0,04	0,05 / 0,15 0,02 / 0,05
3	0,18 / 0,23 0,065 / 0,080	0,50 / 0,55 0,065 / 0,080	0,04 / 0,07 0,040 / 0,065	0,15 / 0,25 0,05 / 0,075
4	0,23 / 0,27 0,08 / 0,12	0,35 / 0,50 0,060 / 0,065	0,07 / 0,10 0,065 / 0,080	0,25 / 0,30 0,075 / 0,110
5	0,27 / 0,33 0,12 / 0,19	0,25 / 0,35 0,55 / 0,60	0,10 / 0,14 0,08 / 0,14	0,3 / 0,4 0,11 / 0,19

Примечание. В числителе приведены значения коэффициентов для пластичного материала, в знаменателе – для малопластичного материала.

Работу деформации при вырубке (пробивке) определяют по формуле

$$A = P_B \lambda S, \quad (Н) \quad (4.4)$$

где P_B – сила вырубке (пробивки), Н; λ – коэффициент, принимаемый равным 0,65; S – толщина заготовки, мм.

Сопротивление срезу для некоторых сплавов может быть выбрано по таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Сопротивление срезу σ_{cp} металлов и сплавов

Металл	Сопротивление срезу для состояния металла, МПа	
	мягкий	твердый
Медь М1, М2, М3	180–220	250–380
Латунь Л63, Л68	220–300	350–400
Сплав ЗлСрМ 585-80	250–300	-
Сплав СрМ 925	200–250	-
Алюминий марок АД1, А1, А2	70–90	110–150

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией штампов.
2. Замерить толщину S полученных для исследований заготовок в виде полосы по две от каждого исследуемого сплава.
3. Измерить штангенциркулем рабочие размеры пуансона и матрицы.
4. По формуле (3.1) рассчитать значение оптимального зазора z .
5. По формуле (3.3) рассчитать усилие вырубки.
Данные исследования провести для каждого образца.
7. Произвести операцию вырубки, зарегистрировать усилия вырубки и сравнить их с расчетными.
8. Расчетные и экспериментальные данные занести в таблицу 4. 4.

Таблица 4.4 – Результаты исследований и аналитических расчетов параметров вырубки

Материал	Толщина заготовки S , мм	Зазор, мм		Диаметр, мм		Коэф. блестящего пояска, K_p	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$, МПа	Сила вырубки, кН	
		$Z_{опт}$	$Z_{эксп}$	D_p	D_m			$P_{в. расч}$	$P_{в.эксп}$

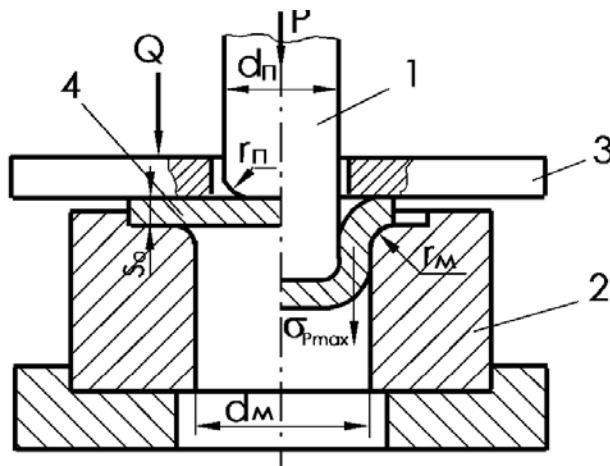
Контрольные вопросы

1. Как определяется оптимальный зазор?
2. Как будет проходить процесс вырубки при величине зазора больше или меньше оптимального?
3. Что влияет на величину усилия вырубки?

5. Изучение процесса вытяжки полых деталей

Цель работы: определить число переходов, коэффициенты и усилие вытяжки в каждом переходе

Теория. Вытяжкой в листовой штамповке называется процесс превращения плоской или полый заготовки в открытое сверху полое изделие [5,6]. Такими изделиями в ювелирном производстве являются, например серьги, корпуса замков для цепей, браслетов, застежек и т.д. Вытяжка осуществляется при помощи вытяжных штампов, основными рабочими деталями которых являются матрица и пуансон (рис. 5.1), путем втягивания пуансоном плоской заготовки в матрицу. С помощью вытяжки изготавливают различные ювелирные изделия, такие как предметы туалета (шкатулки, пудреницы, флаконы для духов и т. п.) и сервировки стола (посуда, вазы, чайные и кофейные сервизы и т. п.), курительные принадлежности (портсигары, пепельницы, сигаретницы и т. п.) и т.д.



1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – прижим; 4 – заготовка

Рисунок 5.1- Схема вытяжки полого цилиндра из плоской заготовки:

В случае вытяжки без утонения стенки между пуансоном и матрицей должен быть односторонний зазор z , равный

$$z = (d_m - d_n) \cdot S / 2, \quad (5.1)$$

где d_m , d_n – диаметры матрицы и пуансона соответственно; S_0 – начальная толщина заготовки.

Вытяжка может осуществляться с прижимом и без него. Условие, при котором необходим прижим для первого перехода, определяется следующим неравенством:

$$D_3 - d > (18 \div 22) S_0, \quad (5.2)$$

где D_3 – диаметр заготовки; d – диаметр вытягиваемого изделия.

Если неравенство (5.2) не выполняется, то вытяжку осуществляют без прижима.

В процессе вытяжки заготовка находится в сложном напряженно деформированном состоянии, различном на разных участках. В связи с этим толщина стенок вытянутых изделий будет различна по всему продольному сечению. В вертикальных стенках вытягиваемого изделия напряженное состояние близко к линейному растяжению. В донной части заготовки (под торцом пуансона) действуют радиальные растягивающие напряжения (схема двухосного растяжения). Наличие сжимающих тангенциальных напряжений во фланце вызывает некоторое увеличение толщины заготовки S_0 , что приводит к изменению толщины стенки изделия S по высоте. Наибольшее утолщение стенок у края вытянутого изделия составляет 20–30 % толщины материала и может быть определено по формуле

$$S = \sqrt{\frac{D_3}{d}} S_0 \quad (5.3)$$

Для первой вытяжки из относительно тонкой листовой заготовки величина зазора

$$z = (1,2 - 1,3) S_0.$$

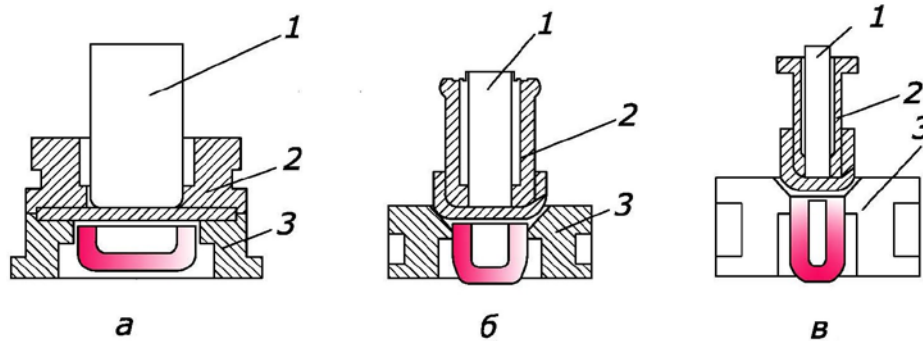
Сила, необходимая для вытягивания заготовки, ограничивается прочностью нижней части изделия, на которую давит вытяжной пуансон. Попытка втянуть в матрицу слишком большую по размерам заготовку требует приложения больших сил и неминуемо приводит к обрыву дна получаемого изделия. Поэтому существует известное соотношение между диаметром заготовки и диаметром изделия (коэффициент вытяжки m), при котором удастся получить изделие за один переход. Если это соотношение не соблюдено, изделие придется вытягивать в две или несколько операций, начиная от большего диаметра с постепенным уменьшением его до конечного размера при соответствующем увеличении высоты.

Для многопереходной вытяжки применяют специальные штампы (рисунки 5.2 и 5.3).

Таким образом, расчет переходов по коэффициенту вытяжки m сводится к определению суммарного значения коэффициента вытяжки за весь технологический переход

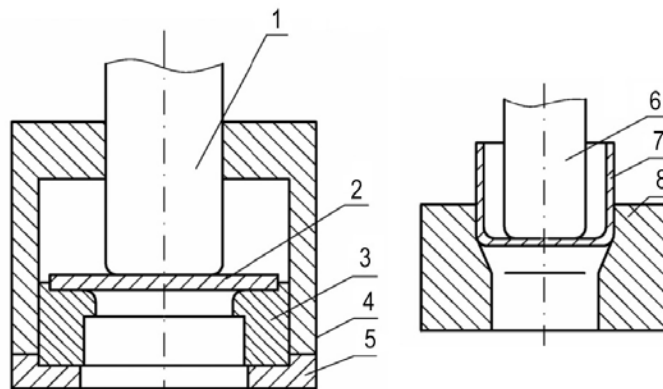
$$m = d_H / D_3, \quad (5.4)$$

где d_H – наружный диаметр изделия.



а – первая операция; б – вторая операция; в – третья операция

Рисунок 5.2 - Схема глубокой вытяжки:



1, 3 – пуансон и матрица первого перехода; 2 – заготовка; 4 – корпус;

5 – нижняя плита; 6, 8 – пуансон и матрица второго перехода;

7 – полуфабрикат после первого перехода

Рисунок 5.3 - Штампы для многопереходной вытяжки

Если окажется, что значение коэффициента m , вычисленного по формуле (5.4), меньше минимального табличного значения m для первой операции (таблица 5.1 и 5.2), то следует считать, что вытяжку нельзя осуществить за один переход. В этом случае технологический процесс окажется многопереходным, и поэтому необходимо будет установить коэффициенты вытяжки для каждой отдельной операции.

Их произведение будет равно суммарному коэффициенту вытяжки

$$m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n = m, \quad (5.5)$$

где m_1 – коэффициент первой вытяжки, $m_1 = d_1 / D_3$; m_2 – коэффициент второй вытяжки, $m_2 = d_2 / d_1$; $m_n = d_n / d_{n-1}$ – коэффициент вытяжки на последней операции, $n = d_n / d_{n-1}$; d_n – диаметр детали по чертежу.

Число переходов можно определить по уравнению

$$n = 1 + \frac{\ln d_n - \ln(m_1 D_3)}{\ln m_2}, \quad (5.6)$$

где m_1, m_2 – коэффициенты первой и второй вытяжек соответственно.

Коэффициенты m_1 и m_2 выбирают из таблиц 5.1 и 5.2 в зависимости от способа вытяжки. Число переходов n нетрудно уточнить значения коэффициентов вытяжки для всех последующих переходов, а также значение диаметра полуфабриката после каждого перехода

$$d_1 = m_1 D_3; d_2 = m_2 d_1; \dots d_{n-1} = d_n m_n. \quad (5.7)$$

Степень деформации для вытяжки можно определить по формуле

$$\varepsilon = \frac{D_3 n - d}{D_3} (1 - m) \quad (5.8)$$

Таблица 5.1 - Значения предельных коэффициентов вытяжки m при вытяжке с прижимом

Материалы	Операции	
	1-я	2-я и последующие
Сталь 0,8кп	0,54–0,58	0,80–0,82
Алюминий	0,52–0,55	0,72–0,78
Латунь	0,52–0,54	0,75–0,80
Д 16	0,56–0,58	0,73–0,82

Таблица 5.2 - Значения коэффициентов вытяжки по переходам при вытяжке без прижима

Относительная толщина (S/D) 100, %	Коэффициенты вытяжки по переходам				
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
1,5	0,65	0,80	0,84	0,87	0,90
2,0	0,60	0,75	0,80	0,84	0,87
2,5	0,55	0,75	0,80	0,84	0,87
3,0	0,53	0,75	0,80	0,84	0,87
Больше 3	0,50	0,70	0,75	0,78	0,82

На процесс вытяжки большое влияние оказывает наличие смазки. Применение смазки снижает коэффициент трения в 1,8–2 раза, что позволяет в отдельных переходах уменьшить коэффициент вытяжки на 5–6 %.

Усилие первой вытяжки P_1 можно определить по формуле

$$P_1 = \pi d_{\max} S \sigma_p. \quad (5.9)$$

Наибольшее напряжение

$$\sigma_{p\max} = \frac{\sigma_s \left[\ln \frac{1}{m} + \frac{S}{2r_m + S} (1 + 1.6\mu)x^2 \right]}{1 + 0.2\mu (1 + 1.6\mu) 1 + \frac{1.8S}{(1-m)D}}. \quad (5.10)$$

где r_m – радиус закругления матрицы (см. рисунок 5.1); μ – коэффициент трения; σ_s – сопротивление деформации материала заготовки.

В первом приближении σ_s принимается равным пределу прочности: $\sigma_s \approx \sigma_B$ (с учетом упрочнения материала заготовки во время вытяжки).

Полное усилие первой вытяжки P_1 с учетом проталкивания определяют по формуле

$$P_1 = \pi (d_{1B} S) + S \sigma \frac{1}{m_1} - 1, \quad (5.11)$$

а при последующих операциях по формуле

$$P_{1B} = 1.6\sigma \pi S_1 (d_n - d_n). \quad (5.12)$$

Порядок выполнения работы

1. Измерить толщину и диаметр круглых заготовок от каждого исследуемого сплава.

2. Измерить диаметры матриц и пуансонов вытяжных штампов первого и второго переходов.

3. Определить технологические параметры процесса вытяжки:

- подсчитать суммарный коэффициент вытяжки по формуле (5.4), приняв значение d_n , равным диаметру матрицы второго перехода;
- используя формулу (5.2), выявить необходимость прижима;
- установить по табл. 5.1 и 5.2 коэффициенты вытяжки m_1 и m_2 ;
- по формуле (5.6) рассчитать количество переходов;

- найти σ_v , вычислив степень деформации ε по формуле (5.8) и, зная механические характеристики исследуемых материалов, рассчитать усилия вытяжки для каждого перехода по формулам (5.11) и (5.12).

4. Провести вытяжку изделий, регистрируя усилия вытяжки в каждом случае, в следующем порядке: первый образец – за один переход на конечный размер; второй образец – за два перехода.

5. Все данные внести в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 - Результаты расчетов и исследований процесса вытяжки без утонения стенки

Материал образца	Толщина S_0 , мм	Диаметр, мм		Коэффициент вытяжки и степень деформации $\frac{m}{\varepsilon}$			Временное сопротивление разрыву σ_v , МПа	Усилия вытяжки, кН	
		заготовки D_3	изделия d_n	$\frac{m_{\Sigma}}{\varepsilon_{\Sigma}}$	$\frac{m_1}{\varepsilon_1}$	$\frac{m_2}{\varepsilon_2}$		$P_{расч}$	$P_{эксп}$

Контрольные вопросы

1. Чем характеризуется вытяжка без утонения стенок?
3. Какие напряжения действуют в процессе вытяжки?
5. Каким показателем характеризуется процесс вытяжки?
6. Что такое суммарный коэффициент вытяжки и как он определяется?
7. Что означает предельный коэффициент вытяжки?
8. В каком случае вытяжку нужно производить в несколько переходов?
9. Для чего необходим прижим в процессе вытяжки?
10. Какие факторы оказывают влияние на усилия вытяжки?

6. Технология изготовления филигранный

Цель работы. Освоить практические навыки технологии изготовления филигранного изделия.

Теория. Филигрань является декоративным металлическим изделием, состоящим из тонких скрученных нитей, украшенных шариками, которые называются зернью.

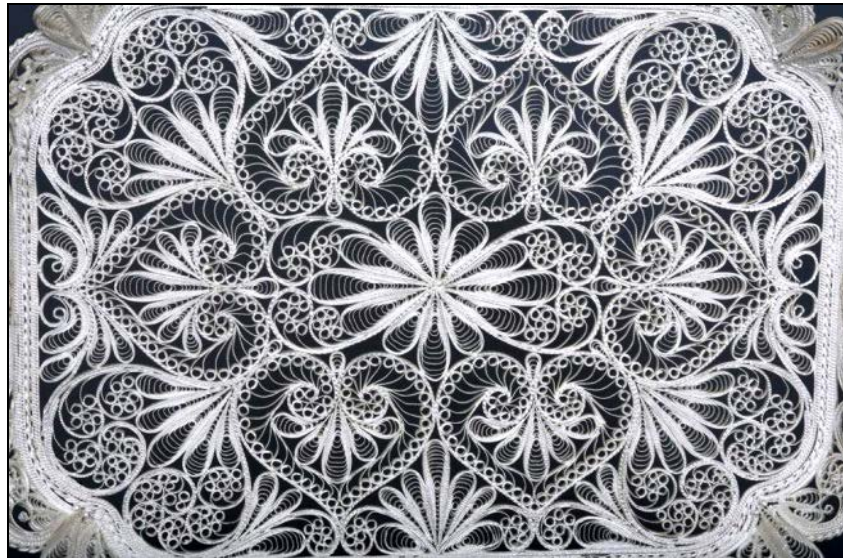


Рисунок 6.1 - Филигранное изделие

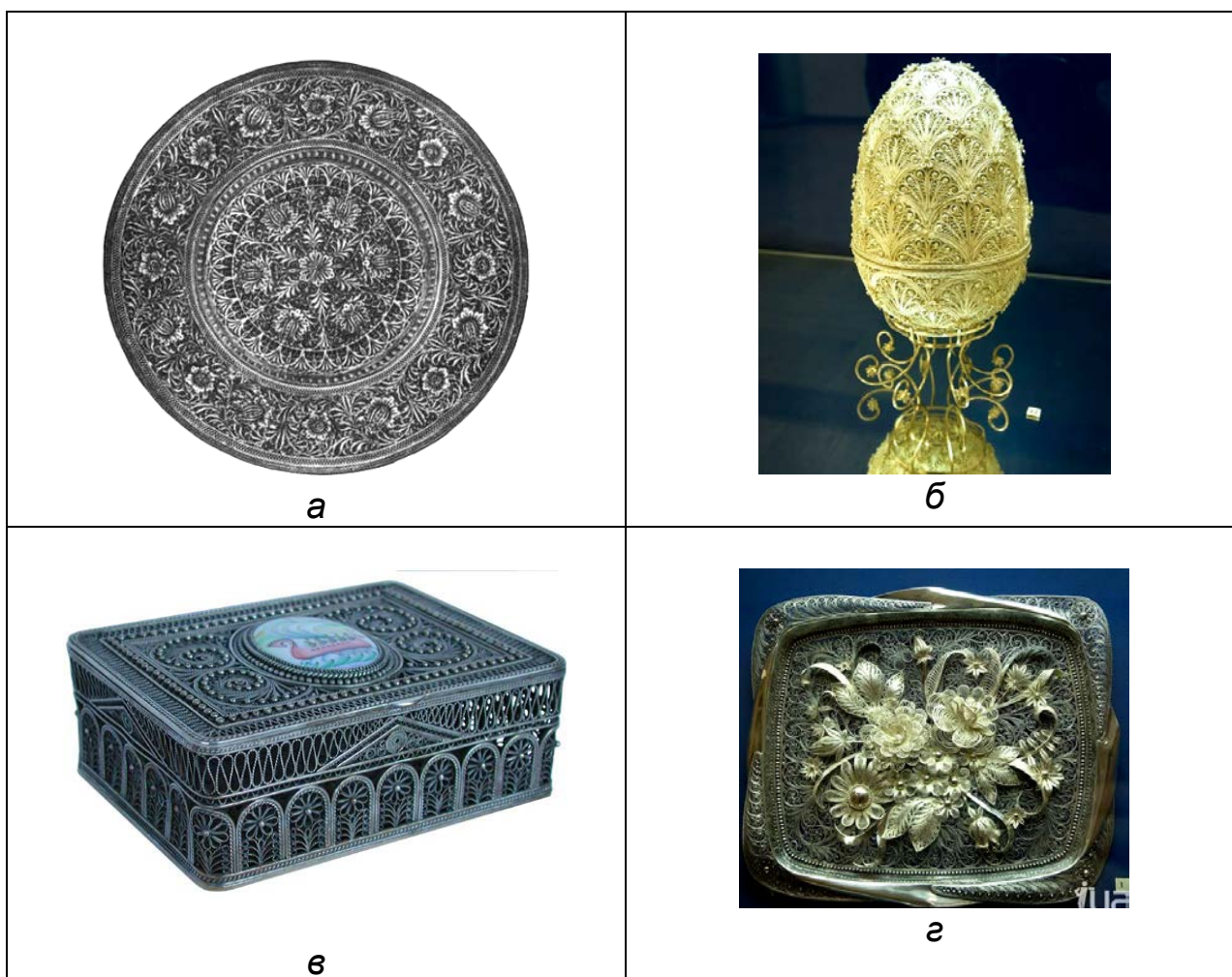
Работы по скани включают в себя свивание скани, подготовка набора элементов скани и зерни, соединение ажурной скани пайкой, монтировка и пайка зерни и окончательная отделка изделия.

Особенность филигранного искусства заключается в том, что, как и в старину, оно продолжает оставаться преимущественно ручным трудом.

Виды скани. По способу изготовления филигрань делится на следующие разновидности: ажурная (плоская), на металле, объемная, многоплановая, зернь, ковкая, металлопластика.

Ажурная (плоская) скань представляет собой изделие с открытой композицией, состоящее из скрученных металлических нитей, соединенных между собою в узоры (рисунок 6.1). Ажурная скань создает ощущение легкой, прозрачной конструкции.

Скань на металле отличается от ажурной скани тем, что пайку орнамента осуществляют на металлической основе (рисунок 6.2, а)



**а – скань на металле, б – объемная скань, в – зернь,
г – многоплановая филигрань**
Рисунок 6.2 – Образцы изделий из филиграни

Объемная скань образует трехмерную модель (шкатулки, сувениры и пр.) которая составляется из отдельных частей, изготовленных по разверткам по предварительной модели. После набора разверток эти части стягивают тугоплавкой проволокой и паяют (рисунок 6.2, б).

Зернь – (скань) техника исполнения с использованием маленьких металлических шариков, придающих изделию особую декоративность (рисунок 6.2, в). Техника зерни является самой сложной и требует высокой квалификации работников. Она заключается в наборе и пайке шариков на пластину металла.

Многоплановая скань набирается последовательным добавлением и пайкой ее элементов по уровням (рисунок 6.2, г). Изготовление такой скани включает два этапа: сначала набор фона первого яруса с упрощенным рисунком узора под скань, а затем — набор верхнего яруса

из более плотных узоров. Пайку верхнего яруса осуществляют более легкоплавкими припоями, чем пайку узоров первого яруса.

Кованая скань набирается из толстой глади, которую скручивают, плетут в нагретом состоянии и паяют.

Металлопластика – это объемная конструкция, составленная из пластин, полученных ковкой плоских деталей. Такая конструкция позволяет отчетливее выразить рельефность поверхностей изделия. При изготовлении металлопластики выполняют гибку и гравировку. Окончательная отделка изделия заключается в создании контрастов фактурированных и полированных поверхностей пластин. Заготовки, составляющие изделие, гравируют, состыковывают между собой и затем последовательно паяют, начиная с широких, плоских элементов и заканчивают тонкими элементами и звеньями цепочек. Готовое изделие подвергается отбеливанию, чистке и полировке. Декорирование изделий осуществляется оксидированием и затем полировкой выступающих рельефов и частей деталей.

Технология изготовления филигрانی состоит из следующих этапов работ: подготовительного, изготовления скани и зерни, набора узора, монтировки, пайки и отделки.

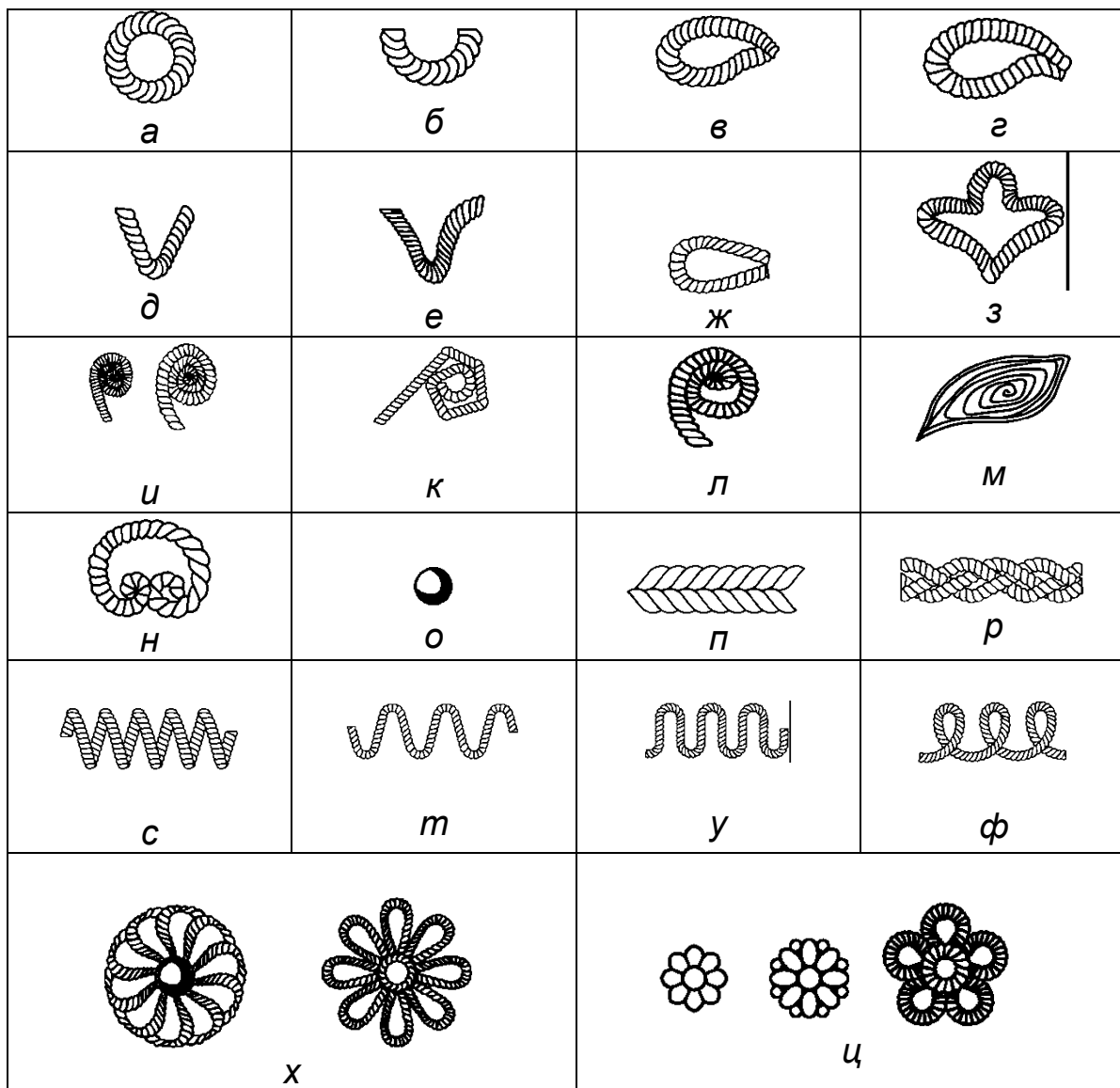
Подготовительные операции включают заготовку шаблонов. Разработка шаблонов состоит в том, что рисунок разделяют на части, каждую из которых разворачивают на плоскости. Классифицируют элементы, составляющие рисунок. Устанавливают виды филигрانی: витая, гладкая, толстая или тонкая, сплюснутая или круглая. Сложный узор делят на простые элементы.

Заготовку из проволоки волочат, вальцуют, подвергают кручению. До и после вальцевания заготовку, свернутую в бунт, подвергают отжигу в печи для придания пластичности, а затем отбеливают для удаления окислов. Правку осуществляют либо протягиванием между роликами с желобчатым профилем, либо через две плотно сжатые деревянные пластины.

Изготовление скани заключается в скрутке заготовки из двух-четырех проволочек диаметром 0,3 – 0,5 мм с помощью вращающегося шпинделя. Одни концы, а другие, надев на крючок-зацеп, зажатый в патроне шпинделя или специального устройства для навивания, вращают с небольшой скоростью. Шнур может быть свит из проволочек разной толщины или нескольких уже свитых проволочек, в том числе идущих в противоположных направлениях.

Скрутка производится в два приема с промежуточным отжигом. Свитую скань пропускают через вальцы, плющат и отжигают. После

завивки, смазав заготовку по длине, выравнивают деревянной круглой палочкой в направлении от зажатых концов к петле на крючке-зацепе.



а - кольцо, б – полукольцо, в – огурчик, г – грушечка, д – зубчик, е – развивашечка, ж – лепесток, з – тройник, и – стенёк, к – розочка, л – головочка, м - листок, н – завиток, о – корнер (шарик), п – елочка, р – косичка, с – круглая дорожка, т – волна, у – змейка, ф – смятая дорожка, х – жучок, ц - розетка

Рисунок 6.3 - Элементы филиграни

Для повышения пластичности её отжигают, а затем отбеливают, промывают в воде и сушат. После этого проволоку смазывают смазкой и повторно скручивают для того, чтобы достигнуть плотного свивания без зазоров в промежутках витков ниток. Зернь изготавливают из обрезков

проволоки. Кусочки проволоки, смешанные с кусочками березового угля, рассыпают на поверхности лотка и разогревают до плавления, вследствие чего они приобретают сферическую форму. Полученную зернь сортируют по размерам.

Длинномерную проволоку разделяют на мерные заготовки требуемой длины бокорезами, кусачками или специальными ножницами.

Узоры скани состоят из различных элементов (рисунок 6.3), которые получают отрезкой из длинномерных заготовок.

Из мерных заготовок гибкой формируют элементы филиграни.

Элементы округлой формы (колечко, полуколечко, кольца с захватом) получают накручиванием в виде пружины на одну из губок круглогубцев или навивкой на круглый цилиндрический цилиндр-шаблон. Пружину затем разделяют на мерные заготовки.

«Круглая дорожка» в виде пружинки с зазором между витками образуется при завивке скани вместе с другой проволокой на шаблон. После завивки вторая вспомогательная пружинка удаляется.

«Смятая дорожка» образуется смятием «круглой дорожки» через валки.

«Волна» образуется, если шаг между витками пружинки увеличить и прокатать ее между валками.

«Змейки» изготавливаются на специальном приспособлении — «ленивце», позволяющем последовательно изгибать проволоку вокруг штифтов, установленных в два ряда на деревянной дощечке.

«Косичка» плетется подобно женской косе из трех и более веревочек. После плетения и уплотнения ее подвергают выравниванию на вальцах.

«Елочка» образуется двумя плющенными сканными проволочками правой и левой свивки. Их складывают вместе, обматывают биндой и спаивают.

«Развивашечку», «грушечку», «лепесток» получают изгибом отрезка скани корнцангелем.

Завивающиеся элементы («травка», «стенёк», «головочка», «розочка», «завиток») получают закручиванием отрезка.

Некоторые из элементов (тройник, репейчик, цветочек, звездочка и пр.) изготавливают сборкой из отдельных отрезков. Их концы припасовывают и паяют.

Для изготовления элементов сканного узора пользуются либо универсальными инструментами (круглогубцы, плоскогубцы, кусачки, бокорезы, лобзик, шперак, молотки, анки и пунзеля), либо различными специальными приспособлениями типа «ленивец». При больших объемах производства элементы узора получают с помощью различных специальных устройств или станков.

Набор скани включает установку элементов скани согласно эскизу, их подгонке и клейке на основу. Набор скани выполняют по рисунку, начиная с основных базовых деталей композиции, а затем последовательно размещают детали из менее тонкой проволоки. Завершают набор укладкой и заполнением самых тонких элементов рисунка. В последнюю очередь раскладывают зернинки.

Скань приклеивают на тонкую бумагу столярным клеем, клеем БФ-2 или нитролаком так, чтобы элементы скани плотно прилегали друг к другу. Под зернь готовят посадочное место: кернением лунки для зерни диаметром до 1 мм или фрезерованием углублений для более крупных шариков.

Набор скани цилиндрических или конусные форм можно выполнять на плоскости (в развертке), а после сборки – скань выгибать.

Набор скани на объемные изделия выполняется на подготовленные для сборки формы. Ажурные объемные изделия могут быть получены также и выколоткой для придания требуемой формы.

Пайка скани. Перед пайкой собранную филигрань обвязывают тонкой жароустойчивой проволокой – биндой, для того чтобы предотвратить возможное смещение элементов. Орнамент фиксируют на мелованной металлической пластине, для того чтобы предохранить от припайки к пластине. На места пайки наносят флюс и припой. Флюсом служит бура. Применяют припои, содержащие серебро, марок ПСр 25, ПСр 45, ПСр 70 и др. с температурой плавления 675–780 °С. Вместо серебряных припоев допускается использовать медно-цинковые припои марок ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54, с температурой плавления 800–890 °С. Припои, содержащие цинк, применять не рекомендуются, ввиду того что цинк растворяет мелкие элементы скани.

Пайку производят в два приема: сначала прогревают соединяемые детали большим мягким пламенем, а затем паяют несильным газовым пламенем.

После пайки изделие освобождают от бинды и подвергают отбелке в 10 %-ом растворе H_2SO_4 с небольшой добавкой хромпика.

Порядок выполнения работы.

Изготовить ажурную скань по типовому маршруту технологического процесса:

- 1) разработка эскиза изделия;
- 2) нанесение эскиза на прозрачную бумагу;
- 3) изготовление базовых несущих элементов (внешние рамки и пр.) и размещение их на бумаге;

- 4) наклеивание на бумагу базовых элементов клеем или нитролаком;
- 5) изготовление элементов скани;
- 6) набор основных элементов узора на бумаге и их наклеивание;
- 7) установка и наклеивание касты;
- 8) набор мелких деталей;
- 9) фиксация орнамента биндой из тонкой неплавящейся нихромовой проволоки на мелованную металлическую пластину для исключения пропайки к пластине;
- 10) нанесение флюса и припоя на узор;
- 11) пайка, после предварительного прогрева соединяемых деталей большим мягким пламенем;
- 12) расфиксация бинды;
- 13) отбелка изделия в 10%-м растворе H_2SO_4 с небольшой добавкой хромпика.

Контрольные вопросы.

1. Разновидности скани?
2. Элементы скани.
3. Порядок выполнения работ?
4. Какие припои применяют для соединения элементов скани?

7. Технология ручного изготовления цепочек

Цель работы: освоить операции и приемы технологии сборки цепочек.

Теория. По принципу сборки цепочки можно объединить в две группы:

- собираемые без применения пайки. К ним относятся цепочки, сборка которых осуществляется нанизыванием звеньев и относительным смещением звеньев или гибкой конца звена вокруг другого. Звенья цепочки могут быть получены литьем, штамповкой или гибкой. Они собираются в основном продеванием ушка каждого звена сквозь ушко соседнего звена.

- собираемые с применением пайки. Их производят на высокопроизводительных автоматах в виде длинномерных цепей, разрезаемых на отдельные части.

По конструктивному исполнению цепочки можно разделить на два вида:

- составленные из отдельных звеньев;
- сплетенные из длинномерной проволоки.

Цепочки представляют собой множество замкнутых звеньев, входящих друг в друга.

По способу изготовления цепочки можно разделить на следующие виды:

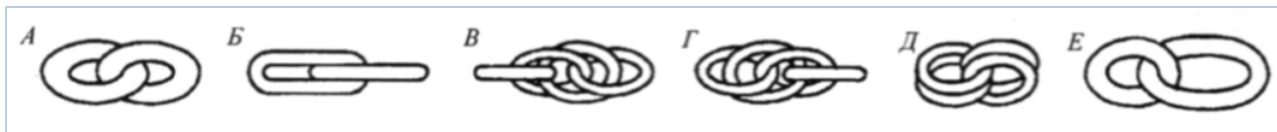
- штамповкой звеньев,
- прокаткой,
- навивкой круглых звеньев в спираль,
- формированием звеньев гибкой,
- плетением,
- сборки многозвенных цепочек на агрегатных станках.

Технология изготовления и ручной сборки цепочек определяется видом цепочки.

Изготовление якорной (рисунок 7.1) и панцирной цепочек производится навивкой проволоки в спираль, отрезки от спирали колечек и последовательного соединения звеньев.

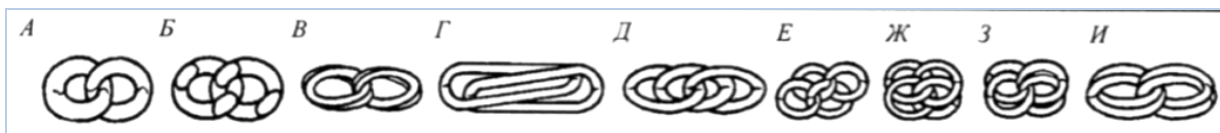
Технологический процесс ручного изготовления цепочки из слитка включает в себя следующие операции: прокатку слитка для получения катанки с меньшим поперечным сечением, волочения проволоки до заданного размера, навивки проволоки на ригель, отделения колец от спирали, припасовки фуги, соединения звеньев в цепочку, пайку фуги.

Операции пластической деформации должны сопровождаться промежуточными операциями отжига и отбеливания заготовки.



А — круглая; **Б** — скрепленная продольно; **В, Г, Д** — двойная; **Е** — «фигаро»
Рисунок 7.1 - Разновидности якорных цепочек

Панцирная цепочка образуется прокаткой якорной цепочки в прокатных вальцах (рисунок 7.2).



А — круглая; **Б** — приплюснутая в двух местах; **В** — квадратная;
Г — сдвоенная; **Д** — английская; **Е** — русская; **Ж** — австрийская;
З — американская; **И** — сдвоенная параллельная
Рисунок 7.2 - Разновидности панцирных цепочек

Византийская цепочка является разновидностью якорной двойной цепочки с увеличенным числом звеньев в пределах одного шага. Порядок сборки цепочки показан на рисунке 7.3.

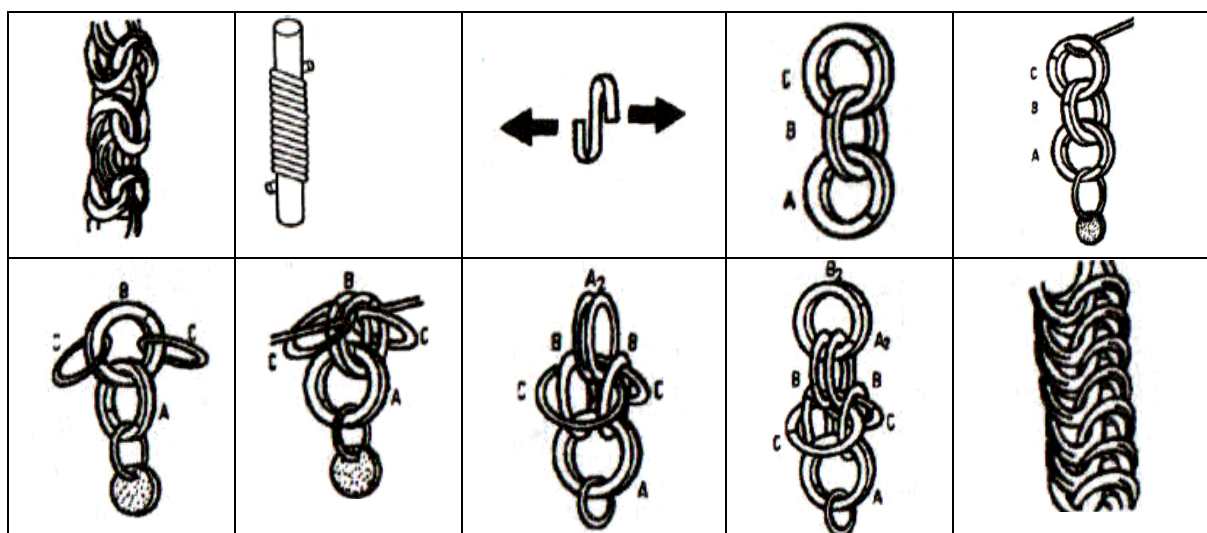


Рисунок 7.3 – Последовательность сборки византийской цепочки

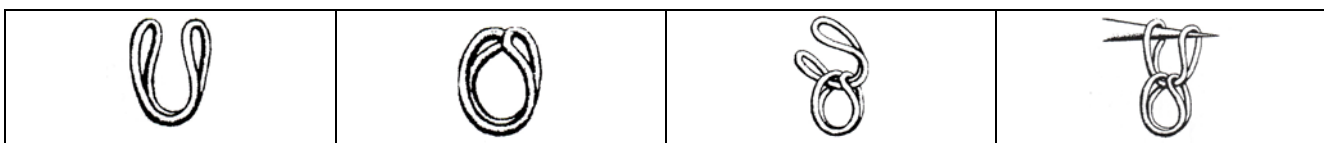


Рисунок 7.4 – Переходы изготовления цепочки

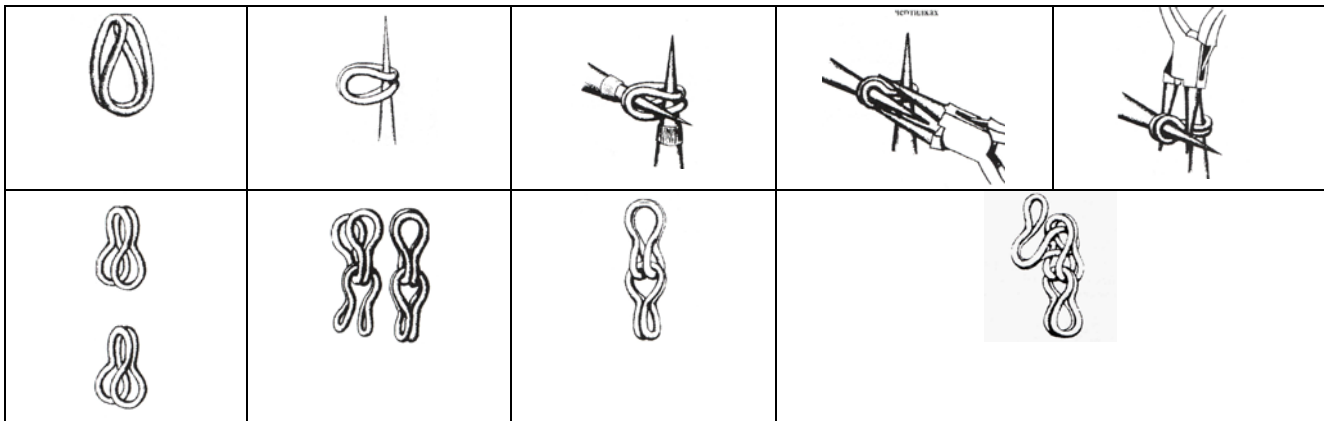


Рисунок 7.5 – Последовательность сборки цепочки

Порядок выполнения работы

1. Получить медную или латунную заготовку.
2. Осуществить волочение заготовки до установленного размера с выполнением промежуточных отжигов.
3. Отбелить заготовку в лимонной кислоте, предварительно прогрев ее до температуры 60 °С.
4. Навить проволоку на ригель в виде спирали.
5. Разделить спираль на отдельные кольца.
6. Выполнить сборку звеньев цепочки.
7. Отполировать наружную поверхность цепочки.
8. Обезжирить цепочку в щелочном растворе, промыть в теплой воде и просушить.

8. Гравирование ювелирного изделия

Цель работы: изучить технологию и освоить практические навыки гравировальных работ.

Инструменты и приспособления: штихели, тисочки ювелирные, тиски шаровые, лупа, разметочная чертилка.

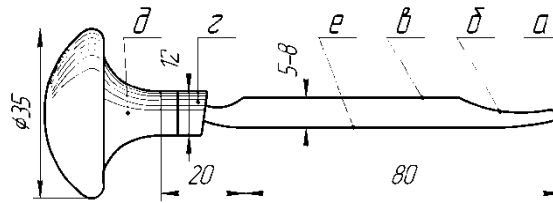
Материалы: заготовки из медных, алюминиевых, латунных или мельхиоровых пластин; пластмасса.

Теория. Гравирование является одной из разновидностей декоративной обработки поверхности ювелирных изделий нанесением орнаментов и рисунков. Гравирование может производиться на единичных экземплярах ювелирных изделий; для подготовки поверхности под эмалирование или чернение; для нанесения рисунка на эталонную модель литейного или штамповочного производства (тиснения) ювелирных или галантерейных изделий.

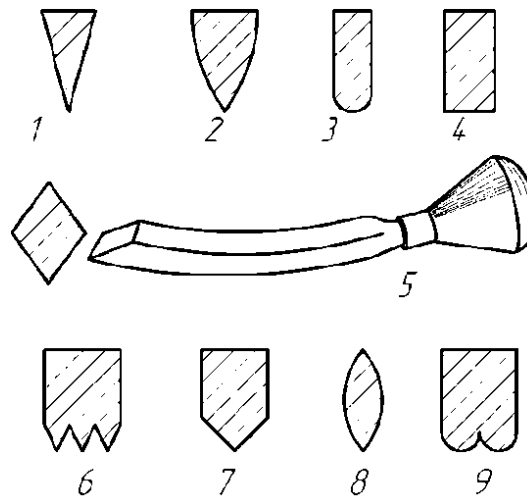
Различают *плоскостное* (двухмерное) и *объемное* (трехмерное, объемное) гравирование. По степени механизации гравирование делится на ручное, механизированное и станочное. Ручное гравирование выполняется специальными инструментами – штихелями, механизированное – при помощи бормашинки с использованием различных сменных наконечников с инструментами для фрезерования, сверления, шлифования и полирования. К станочным методам гравировки относятся электроимпульсные методы обработки, обработка с применением специального станка – *гильошира*, на *гравировально-копировальных*, *рельефно-копировальных* станках и станках-*петрографах*. Прогрессивным современным методом является работа с использованием персональных компьютеров и станков с числовым программным управлением. Этим достигается быстрая подготовка производства, переналаживаемость, точность изготовления на всей партии изделий и высокая производительность.

Ручная гравировка производится с помощью специальных инструментов – *штихелей*, представляющих собой стальные ручные резцы длиной 100–120 мм. Они закрепляются на деревянных ручках специальной формы длиной 30–40 мм и диаметром 40–50 мм (рисунок 8.1).

Работа штихелем является процессом ручного строгания тонкого слоя стружки толщиной 0,1 – 0,2 мм по предварительно намеченному рисунку. В зависимости от назначения штихели имеют различные поперечные сечения (рисунок 8.2).



а — площадка носка, **б** — аншлиф, **в** — спинка клинка, **г** — кольцо,
д — рукоятка, **е** — задняя грань
Рисунок 8.1 - Конструкция штихеля



1 — мессерштихель; **2** — шпигштихель; **3** — боллштихель; **4** — флашштихель;
5 — грабштихель; **6** — шатирштихель; **7** — фасеттенштихель;
8 — с овальной формой; **9** — с двойной полукруглой формой
Рисунок 8.2 - Формы сечений штихелей

Они делятся на следующие виды (рисунок 8.2):

а) прорезные штихели – мессерштихели, имеют клинообразный профиль и слегка закругленное лезвие с углом 15-30°. Они делятся на тонкие и толстые. Тонкие штихели применяются для прорезания очень тонких линий, а толстые – для получения четких линий при окончательной гравировке;

б) вырезной штихель – шпигштихель имеет двадцать различных размеров. Его боковые стенки выпуклые, а передний угол лезвия составляет 30–45°. Применяют для гравирования контура рисунка, прорезания глубоких линий, штрихов;

в) радиусные штихели – боллштихели имеют закругленные лезвия радиусом 0,3–5 мм. Применяют для гравирования штриховых надписей, полукруглой выборки и чистовой обработки. Изготавливают двадцать типоразмеров боллштихелей;

г) *широкий штихель - флашштихель* с плоской режущей кромкой, служит для выборки и выравнивания плоскостей. Ширина лезвия может быть от 0,2 до 5 мм. Выпускаются двадцать типоразмеров таких штихелей;

д) *фасеттенштихель* – имеет трапециевидную форму поперечного сечения с углом заострения 60-120°. Им выполняют сложные узоры, тонкую чистовую обработку.

е) *растровый штихель – шатирштихель (рабштихель)*, имеет мелкую зубчатую насечку с шагом от 0,1 до 0,4 мм. Имеет семь размеров. Применяют для штриховки и матирования;

З) *гнутые штихели – грабштихели*, имеют в сечении форму ромба с углом лезвия 30–90°. Прогиб в середине продольного сечения составляет 3–8 мм. Применяют для выборки вогнутой поверхности.

Заточку штихелей производят вручную. При заточке необходимо обеспечить оптимальный для каждого вида штихелей передний угол, т.к. меньшие углы заточки срезают металл неравномерно, рывками; а при больших углах движение штихеля становится скользящим по поверхности изделия. На заточных станках перед заточкой производят шлифование штихеля со стороны спинки (*аншлира*), обеспечивая тем самым срез на рабочей части от 1,4 до 3 мм. Заточку передней поверхности штихеля производят на плоском шлифовальном бруске определенной зернистости, смоченным машинным маслом. Локоть руки при заточке держат на весу неподвижно, а кисть руки направляют к себе и обратно, плотно прижимая штихель к шлифовальному бруску. Затем снимают заусенцы на кремнистом сланце, а лезвие заполировывают на шлифовальном круге из кожи с помощью абразивной пасты короткими движениями назад, к ручке.

Заточку штихелей для восстановления режущих свойств осуществляют по передней поверхности. При этом требуется соблюсти требуемый угол заточки инструмента, обеспечивающий удобную и безопасную работу при гравировке. Отклонение угла заточки штихеля приводит к перемещению штихеля по металлу рывками, приводящего к неравномерному срезанию металла, либо к скользящему движению без срезания стружки. Заточку штихелей выполняют сначала шлифованием передней поверхности на заточном станке, а затем ручной шлифовкой на плоском шлифовальном бруске малой зернистости. Брусок при этом смазывают машинным или растительным маслом. Затем лезвие окончательно доводят на кремнистом сланце и полируют на кожаном шлифовальном круге при помощи абразивной пасты короткими движениями назад в направлении ручки. Угол заточки клинка зависит от твердости материала (рисунок 8.3): чем пластичнее обрабатываемый

материал, тем меньше должен быть угол. Для олова и свинца он составляет 30° , для бронзы, меди и алюминия — 45° , для стали — 60° .

Ручная заточка штихеля упрощается, если применить специальное приспособление (рисунок 8.4). Оно состоит из корпуса с наклонным пазом с углом 55° для установки и закрепления штихеля и двух подшипников. Сбоку штихель фиксируют двумя зажимными винтами, а сверху - поджимным винтом.

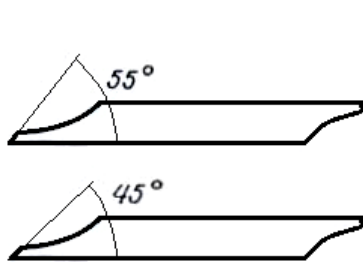


Рисунок 8.3 - Углы заточки штихеля

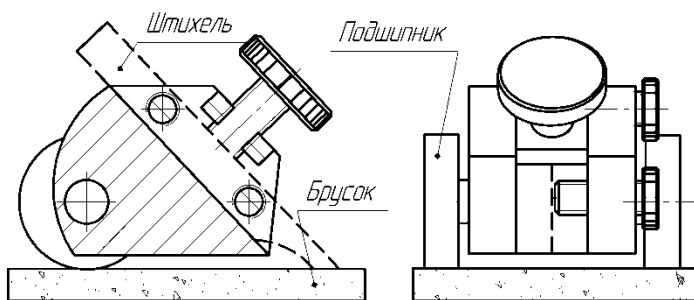


Рисунок 8.4 - Приспособление для заточки штихеля

Для выполнения гравировальных работ используется ряд приспособлений для фиксации обрабатываемого изделия: деревянные ручные тисочки, крепежная дощечка, шаровые тиски – *шрабкugel*, граверные подушки – *кранц*. Шаровые тиски диаметром не более 130 мм позволяют разворачивать изделие в пространстве и обеспечивают определенные удобства для обозрения и выполнения работ.

Технология гравирования штихелями включает в себя следующий порядок работ:

1. Установить и закрепить в шрабкугеле обрабатываемое изделие.
2. Повернуть шрабкugel под требуемым углом для удобства работы. Направить на изделие освещение от местного источника света.
3. Взять штихель в правую руку так, чтобы его рукоятка уперлась в ладонь, а большой и указательный пальцы поддерживали его рабочую часть. Локоть руки держать на весу, а в качестве опоры использовать большой палец руки. Регулируя силу нажатия на ребро штихеля, направить его по линии рисунка. Штихель необходимо вести только по прямой линии справа налево, проталкивая его небольшими участками. Поворот штихелем на закругленных участках допускается лишь небольшими участками, а изгибы линии обеспечиваются движением левой руки, путем поворота шаровых тисков с заготовкой навстречу резцу.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить рисунок (эскиз) на бумаге, прочертив его в увеличенном и в реальном масштабе.

2. Заточить штихеля.

3. Взять заготовку изделия из медной или латунной пластины толщиной 1,5–32 мм размерами 40 x 40 мм. Объемные заготовки можно установить и закрепить в шаровых тисках.

4. Перенести рисунок на обрабатываемую поверхность и прорезать его разметочной чертилкой. Для большей отчетливости рисунка на поверхность изделия может быть нанесена белая акварельная краска или гуашь. Несложный рисунок наносят остро заточенным карандашом, а сложный - путем копирования. Для сохранения рисунка от истирания руками при работе его можно покрыть нитролаком и просушить.

5. Прорезать рисунок равномерным движением штихеля вперед-назад. Обучение гравированию необходимо начинать с нанесения штихелем прямых линий одинаковой толщины. Затем необходимо получить навыки нарезания штриховых, волнистых и пересекающихся линий. Освоив эти приемы, можно приступить к нарезанию букв, цифр, фигур и знаков.

6. Гравировать изделие соответствующими штихелями по представленным образцам рисунков (рисунок 8.5).

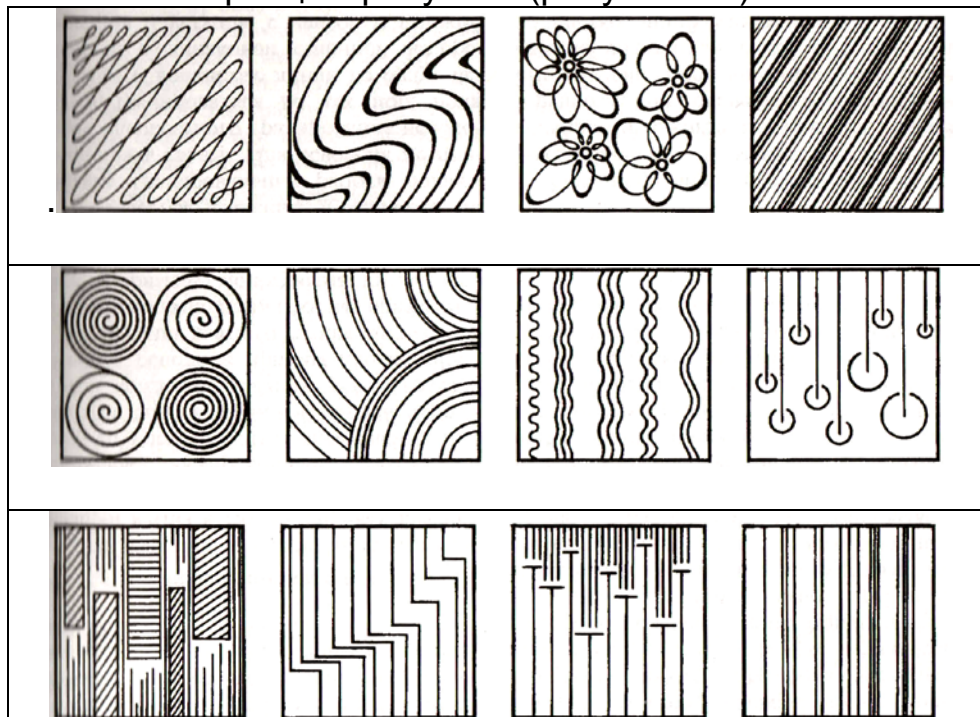


Рисунок 8.5 – Образцы рисунков для гравирования штихелем

9. Изготовление резиновой пресс-формы

Цель работы: ознакомиться с технологией изготовления резиновых пресс-форм по металлической мастер-модели.

Теория. Для воспроизведения оригинальной модели в нескольких экземплярах, резина является идеальным материалом. На практике это осуществляется путём вулканизации сырой резины в объеме с металлическим эталоном внутри массы резины. Получение качественных резиновых пресс-форм по металлической мастер-модели – одна из важнейших стадий технологического процесса изготовления отливок из драгоценных металлов и сплавов. Мастер-модели изготавливают с учетом объемной усадки эластомеров в процессе вулканизации, модельного состава в процессе затвердевания и жидкого металла в процессе охлаждения отливки. Объемная усадка импортной резины составляет 9,5%, отечественной – 11,0 %, модельного состава – в среднем 1,8–2,8 %. Усадка жидкого металла для каждого сплава дана в справочной литературе и в среднем составляет 5-6 %. Для изготовления мастер-модели чаще всего используют сплав золота 585-й пробы, поверхность которого покрывают родием. Поверхность мастер-модели тщательно обрабатывают и полируют, т.к. все дефекты мастер-модели будут переноситься на отливки.

Свойства резиновой пресс-формы – прочность, эластичность, стойкость к термоокислительному старению, адгезия к модельному составу и др. – определяются составом эластомера и режимом вулканизации. Основными компонентами резиновых смесей являются: синтетические каучуки (изопреновые СКИ, СКИ-3, этилен-пропиленовые СКЭП, СКЭПТ и др.), вулканизирующие вещества (переоксид дикумила ПДК, пероксимон Ф-40), пластификаторы (дибутилфталат, дибутилсербацент, вазелиновое масло, щелачный воск), наполнители (обычно синтетический диоксид кремния – белая сажа). При разработке рецептур резиновых смесей предусматривается не только качественный выбор ингредиентов, но и определение их оптимального соотношения. Процесс вулканизации резиновой смеси сопровождается образованием пространственной структуры поперечных связей, что приводит к существенным изменениям эластических свойств материала. В таблице 1.1 представлены технологические параметры резин, применяемых в ювелирном производстве.

Таблица 9.1 - Технологические параметры сырой резины

Параметры резины	Марки резины				
	1	2	3	4	5
Резина на основе каучуков, массовые доли	СКИ-3 и СКЭПТ (80:20)	СКИ-3 и СКН-26 (70:30)	СКИ-3 и СКН-40 (70:30)	СКИ-3 и СКН-26 (70:30)	СКИ-3 и СКН-40 (70:30)
Вулканизирующий агент, массовые доли	1,7 ПДК	1,2 ПДК	1,6 Ф-40	1,2 ПДК	1,5 Ф-40
Температура вулканизации	150 °С	150 °С	150 °С	150 °С	150 °С
Время вулканизации	2100 с	2100 с	2100 с	1800 с	2400 с
Предел прочности при растяжении, МПа	13,0	9,5	14,5	15,3	15,3
Относительное удлинение, %	16	16	16	12	14

Время вулканизации резиновой формы τ_v , учитывая необходимость достижения оптимальных условий вулканизации резины на поверхности эталона, можно высчитать по формуле:

$$\tau_v = \frac{\psi \delta^2}{a} + \frac{1}{k}$$

где δ – половина толщины стенки резиновой формы, м; a – температуропроводность резиновой смеси, м²/с; k – кинетическая константа скорости вулканизации резины при температуре вулканизации, с⁻¹; ψ – коэффициент, учитывающий геометрию резиновой пресс-формы, для плоской формы $\psi=1$, для формы, близкой к шару $\psi=0,5$.

Выражение (1) дает несколько заниженное время вулканизации, обеспечивая выход степени вулканизации на уровень 90 – 95%, что достаточно для получения оптимальных физико-механических свойств резиновой прессформы на рабочей поверхности.

Для облегчения расчётов, производитель резины указывает на упаковке параметры вулканизации, к примеру, при $T_v = 150$ °С один слой резины из натурального каучука толщиной 4 мм нужно выдержать в течение $\tau_v = 7,5$ мин.

Резина поставляется в сыром (невулканизованном) состоянии в виде листов толщиной от 5 до 30 мм, от которых отрезают куски нужного размера. От сортности и качества резины зависит коэффициент усадки: чем резина плотнее, тем меньше она сжимается при вулканизации.

Процесс изготовления пресс-формы заключается в следующем. Прежде всего, следует подобрать для изделия не только подходящую

резину, но и подходящий способ извлечения модели из вулканизированной пресс-формы. После этого резину нарезают на куски и укладывают слоями в алюминиевую рамку (заранее припыленную тальком) чуть выше, чем до половины.

Модель с припаянным литником помещается в рамку, поверх слоев резины так, чтобы конец литника касался внутренней стенки рамки (рисунок 1.1, б). Затем рамку плотно заполняют листами резины так, чтобы количество слоев резины сверху и снизу рамки было одинаковыми вулканизируют.

Вулканизатор – это электроприбор с двумя нагреваемыми плитами, прижимаемыми друг к другу с помощью винтового пресса (рисунок 9.1).

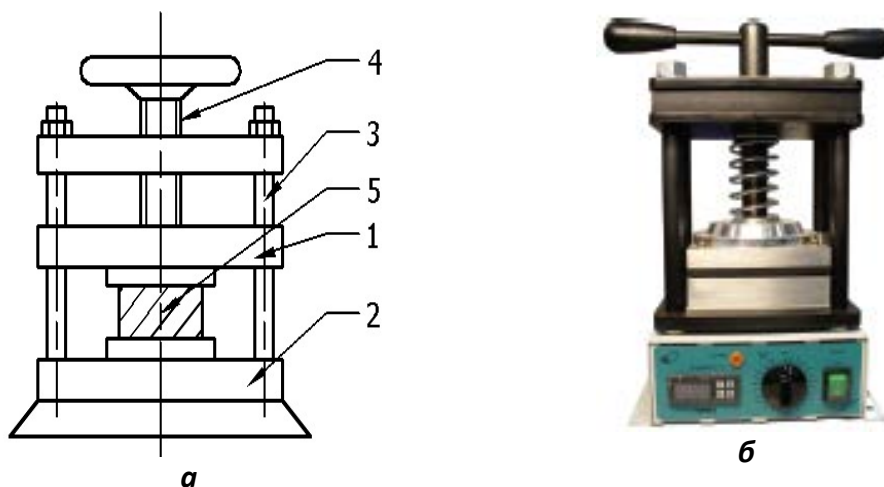


Рисунок 9.1 - Схема ручного вулканизатора (а) и общий вид пневматического вулканизационного пресса (б):

**1 — верхняя плита; 2 — нижняя плита; 3 — колонки;
4 — винтовой механизм; 5 — рамка с резиной**

Алюминиевая рамка с упакованной в резину моделью ставится между двумя алюминиевыми пластинами (резина, как и воск, к алюминию не прилипает) так, чтобы верхняя пластина едва касалась верхнего слоя резины. Затем прибор включают, и пластины начинают нагреваться и плавить резину (примерно при 145-155 °С). Когда резина начинает течь, винт подкручивают, сводя пластины ближе друг к другу, полностью сжимая уже вязкую резину вокруг модели и заполняя ею все пустоты и воздушные карманы внутри рамки. И так - до тех пор, пока практически вся резина не уйдет в форму, а пластины не сомкнутся с рамкой. После этого пресс-форма готова и представляет собой цельный кусок резины с запеченной внутри металлической мастер-моделью.

Особое внимание следует уделить разрезанию резины, т.к. от качества разрезки напрямую зависит легкость извлечения восковки из пресс-формы. Операция заключается в следующем: оценив пресс-

форму, цепляем ее за край крючком или специальной прищепкой закрепленной на верстаке (риунок 9.2), и хирургическим лезвием делаем несколько пробных разрезов.



Рисунок 9.2 - Приспособление для разжатия резиновой пресс-формы



а



б

Рисунок 9.3 – Разновидности пресс-форм
а - разрезанная, б - разъемная

Модель освобождается таким образом, чтобы две половинки разрезанной формы потом можно было бы плотно и точно соединить вновь. Поэтому форма разрезается либо с четырьмя замками по углам, либо пилообразно по всему периметру (рисунок 9.3). Модель полностью «утоплена» в форме, и невозможно точно сказать, где именно она находится. Поэтому, полагаясь на свою память, как можно дальше нужно раскрыть края взрезанной формы, пока не начнут проявляться контуры модели. Когда контуры модели станут более или менее различимы, можно выбирать место расположения финальных резов, подходя к этому разумно, т.е. стараться делать разрез там, где находятся более доступные места для шлифовки (например, по граням детали, а не по поверхностям, которые являются основными художественными элементами изделия) будущей отливки.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить эталон к вулканизированию (припаять литник, отполировать, отмыть и просушить), включить нагреватель пресса-вулканизатора и установить датчик на 150 °С.

2. Установить рамку на пластину, припылить их тальком. Нарезать заготовки из сырой резины по внутреннему размеру металлической обоймы и уложить резину в рамку, выше половины рамки на 5 мм.

3. Установить мастер-модель, вдавив ее в лист сырой резины и предварительно заполнить резиной все углубления и полости на мастер-модели. Припудрить тальком (ГОСТ 19729-74) модель кольца с литником.

1. Вложить остальные кусочки резины до заполнения обоймы так, чтобы выпирание над рамкой составляло 5-10 мм (в зависимости от свойств резины) и наложить на обойму поверх резины с двух сторон металлические пластины.

2. Установить заполненную обойму под пресс, прогретый до температуры вулканизации 150-155 °С. Вулканизировать резину под давлением 10,0 МПа в течение 45-50 мин.

3. После вулканизации, охладить рамку, извлечь резиновую пресс-форму и разрезать ножом так, чтобы поверхность разреза была волнистой, с резкими выступами, предотвращающими смещение полуформ при запрессовке воска.

8. Оценить качество полученной модели с точки зрения соответствия ее мастер-модели и чистоты поверхности.

9. Сравнить шероховатость поверхности модели с шероховатостью поверхности мастер-модели и полученной пресс-формы.

10. Сделать эскиз пресс-формы.

Контрольные вопросы

1. Что такое мастер-модель и каковы требования, предъявляемые к ней?
2. Назовите способы изготовления пресс-форм.
3. Что представляет собой процесс вулканизации?
4. Какие материалы применяются для данного процесса?
5. Какова технология получения пресс-формы методом вулканизации?
6. Какое оборудование и инструмент применяются для изготовления пресс-формы методом вулканизации?
7. Какие особенности подготовки пресс-формы к работе?
8. Назовите способы разрезания пресс-форм?

10. Изготовление воскового блока–модели

Цель работы: изучить технологию изготовления выплавляемых моделей и монтаж восковой блок-модели.

Теория изучаемого вопроса. Выплавляемые модели изготавливают заполнением под давлением расплавленного модельного состава в полость резиновой пресс-формы. Качество изготовленных отливок будет зависеть от физико-химических свойств модельных составов и шероховатости поверхности выплавляемых моделей. Поэтому модельные составы должны быть эластичными, легко и без остатка выплавляться из литейной формы и обеспечивать качественное воспроизведение мастер-модели.

Модельный состав в основном состоит из трех компонентов: наполнителя, пластификатора и упрочнителя. Наполнитель (дибутилфталат, касторовое масло, полистирол, этилцеллюлоза и др.) является структурнообразующим компонентом. Он должен иметь хорошую совместимость с воскоподобными материалами (парафинами и стеаринами, пчелиным воском, полиэтиленом высокого давления и др.), препятствовать усадке, снижать внутренние напряжения. Пластификатор придает пластичность, расширяет интервал пластичного состояния модельного состава и обеспечивает совмещение с наполнителем. Упрочнитель (высокоплавкие церезины, щеллачный воск, канифоль и др.) повышает механические характеристики модельных сплавов.

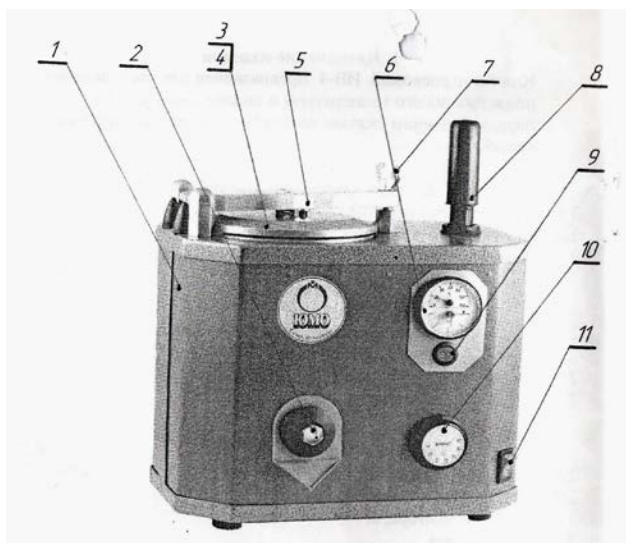
Для изготовления сложных и тонкостенных моделей используют различные модельные составы, которые обладают высокой прочностью, твердостью и имеют температуру плавления около 64°C.

Физические и технологические свойства некоторых модельных составов даны в таблице 10.1.

Таблица 10.1 - Технологические свойства модельных составов

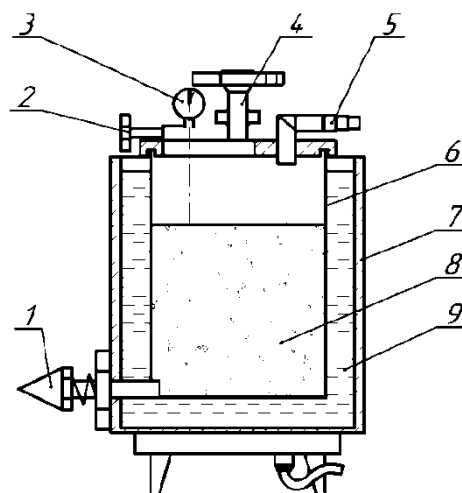
Марка модельного состава	Цвет	Температура, °С		Интервал кристаллизации, °С	Линейная усадка %	Плотность г/см ³
		Капельпадения	Затвердевания			
АРТ 169	Темно-зеленый	68	65	3	2,8	0,978
АРТ 170	Светло-зеленый	67	60	7	2,5	1,290
АРТ 171	Красный	63	54	9	2,6	0,986
МАТИ-В-1	Бесцветный	71	64	7	1,8	0,988

Изготовление выплавляемых моделей в ювелирном деле осуществляют в специальном инжекторе (рисунок 10.1), который предназначен для расплавления воска, поддержания его температуры и подачи воска в резиновую форму под действием давления сжатого воздуха. Он состоит из внутреннего резервуара для модельного состава, электронагревателя и терморегулятора. Электронагреватель инжектора расположен внутри корпуса. Скорость нагрева модельного состава изменяется регулятором мощности, а температура нагрева контролируется контактным термометром или термопарой. Заполнение резиновой пресс-формы происходит через инжекционное сопло под действием сжатого воздуха, давление которого контролируется манометром. Инжекционное сопло оснащено системой индивидуального обогрева до 50°С.



а

1 – корпус, 2 – инжекционный клапан, 3 – бак с крышкой 4; 5 – стравливающий клапан, 6 – термометр-манометр, 7 – барашек, 8 – ручной насос, 9 – переключатель режима, 10 – регулятор температуры, 11 – включатель



б

1 – сопло, 2 – вентиль, 3 – манометр, 4 – крышка, 5 – штуцер подачи сжатого воздуха, 6 – внутренний резервуар с модельным воском, 7 – корпус, 8 – воск, 9 – вода

**а – общий вид, б – схема устройства
Рисунок 10.1 – Восковой инжектор**

Восковой инжектор имеет следующие технические характеристики:

- максимальный рабочий объем воска – 2,5 л;
- диапазон регулирования температуры - 55-80 °С;
- стабильность поддержания температуры в режиме «0» ± 1 °С, в режиме «1» $\pm 1,5$ °С,

- допустимое давление воздуха в баке инжектора – 3 МПа,
- диапазон рабочего давления – 0,2-2 Мпа,
- усилие на выпускном клапане, не более – 25 Н,
- потребляемая мощность – 260 Вт.

Инжектор может работать от внешнего источника сжатого воздуха (рисунок 10.1, б).

Стравливающий клапан 5 предназначен для выпуска воздуха из бака. Открывают клапан, вращая накатную головку против часовой стрелки. Инжекционный клапан 2 обеспечивает герметичное присоединение к форме и заполнения формы воском при нажатии на клапан формой. Регулятор температуры 10 предназначен для установки и поддержания рабочей температуры. Для установки требуемой температуры, головку следует повернуть в сторону увеличения температуры, а затем в сторону уменьшения до требуемого значения. Деления шкалы регулятора ориентировочные, при работе следует руководствоваться показаниями термометра 6. Ручной насос 8 позволяет создать давление в баке. Контроль за давлением осуществляется по манометру 6. По мере расхода воска давление в баке понижается и чем меньше объем воска в баке, тем реже следует производить подкачку насосом.

Электрическая схема инжектора (рисунке 10.2) обеспечивает нагрев воды и включение сигнальных лампочек.

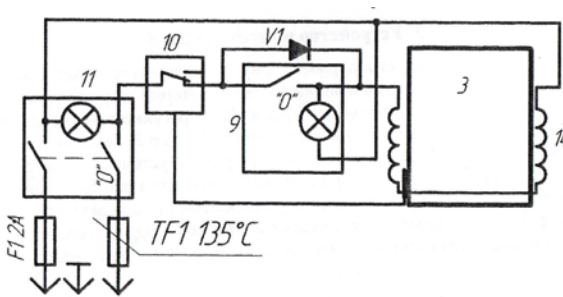


Рисунок 10.2 – Электрическая схема инжектора

Порядок работы с инжектором.

- Подключить инжектор к электросети. Клавишу включателя 11 перевести в положение «1». Должна загореться ее подсветка.

- Повернуть головку регулятора температуры 10, увеличивая температуру. Подсветка переключателя режима 9 должна включаться при нагревании бака и выключаться при нагреве стенки бака до заданной температуры. Через определенное время температура в баке приблизится к заданной и будет поддерживаться с небольшими

колебаниями около среднего значения. Если переключатель режима 9 перевести в положение «0».

Включить инжектор. Рабочая температура воска должна соответствовать рекомендации его изготовителя и при извлечении быть не выше температуры теплоустойчивости модельного состава.

Не расплавлять воск под давлением !

Создать давление ручным насосом. Рекомендуемое давление в инжекторе - 1 МПа.

Прижать резиновую пресс-форму к инжекционному клапану и надавить на нее для заполнения формы воском. Если давление превышает допустимый интервал, то происходит выдавливание облоя через края пресс-формы. Также это происходит, если пресс-форму плохо совместить или с недостаточной силой прижать её половины.

После охлаждения восковой модели аккуратно извлечь ее из пресс-формы. Извлечение выплавляемой модели из резиновой формы возможно при температуре теплоустойчивости модельного состава $T_{кр}$, которая обычно не выше 30–32 °С. Время охлаждения модели в пределах от $T_{охл}$ до $T_{кр}$ можно рассчитать по формуле:

$$\tau_{охл} = \frac{2m_1 (r_1 + c_1 (T_3 - T_{кр}))^2}{c_2 \rho_2 (T_{кр} - T_p) \sqrt{a_2}},$$

где m_1 – масса, кг; r_1 – скрытая теплота плавления, Дж/кг; c_1 – теплоемкость модельного состава, Дж/(кг·°С); c_2 – теплоемкость, Дж/(кг·°С); ρ_2 – плотность, кг/м³; a_2 – температуропроводность резины, м²/с; T_3 и T_p – температуры заливки и резины, °С.

Несоблюдение технологии изготовления восковых моделей может привести к образованию различных дефектов,:

- а) образованию воздушных пузырьков в моделях;
- б) незаполненности формы;
- в) переполненности формы;
- г) чрезмерной усадки формы;
- д) шероховатости и волнистости поверхности;
- е) липкости формы.

Эти дефекты могут появиться из-за:

- несоблюдения температурного режима (перегрева или недогрева воска);
- избыточного или недостаточного давления в инжекторе;
- засора в резиновой пресс-форме;
- несоблюдения режима охлаждения.

Для уменьшения вероятности образования таких явлений в литниковой системе необходимо предусматривать размещение

резервуаров, которые позволяют сохранить питание металла при образовании усадочных раковин.

Получив необходимое количество восковых моделей, приступают к изготовлению «воскового дерева» припаяванием с помощью термопаятеля или электропаяльника к восковому стояку, закрепленному в резиновом основании для опоки – «башмаке».

Правильная сборка блок-модели обеспечивает хорошее качество отливки и равномерное охлаждение металла во время кристаллизации.

Полученные восковые модели с литниками необходимо собрать в виде модельного дерева – елочки. В процессе сборки следует обеспечить минимальные расстояния между восковыми моделями и опокой, как это указано на рисунке 10.3.

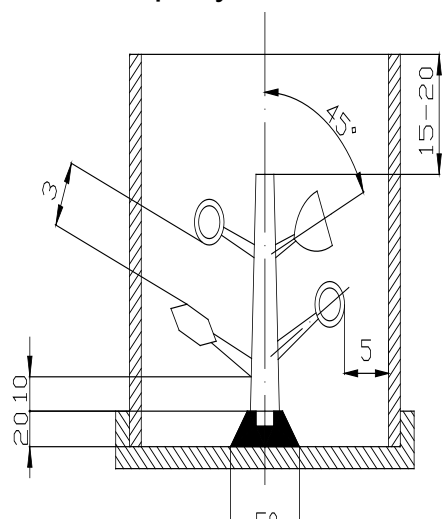


Рисунок 10.3 - Расположение восковых моделей восковом блоке

Для снижения усадки и исключения браки в отливках соединение модели с литником рекомендуется выполнять так, как это показано на рис.10.4.

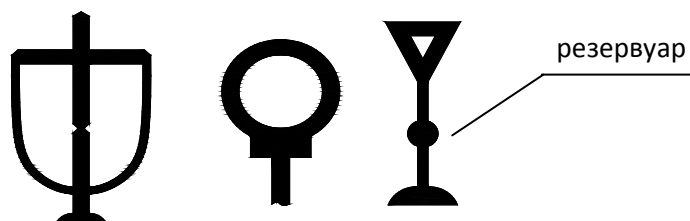


Рисунок 10.4 - Примеры присоединения литников к восковым моделям

Чем легче восковка, тем выше она располагается на «ёлке». Расстояние между ближайшими точками смежных моделей должно быть

не менее 3 мм, а в местах припаивания не должно быть острых углов и наплывов. Угол наклона продольной оси литника к продольной оси стояка должен быть менее 90° и соответствовать характеру течения жидкого металла при заливке. Место и способ соединения восковой модели к литнику должны обеспечить спокойное заполнение формы при заливке металлом без образования вихревых потоков движущегося в форме расплава.

Обезжиривание блока выплавляемых моделей производят в спирте или мыльном растворе.

Замеряют вес восковой блок-модели для определения навески сплава для заливки в литейную форму. Плотность воска принимают равной условной единице, а массу блок-отливки определяют как произведение массы восковой модели на удельную плотность заливаемого сплава.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Изготовление восковой модели с применением инжектора

1. Изготовить выплавляемую модель в следующем порядке

1.1. Включить инжектор за 1-2 часа до начала работы для выравнивания температуры воска внутри рабочей емкости и установить температуру инъекции в соответствии с рекомендациями для данной марки модельной массы.

1.2. Довести давление в инжекторе до рекомендуемого значения.

1.3. На обе части резиновой пресс-формы нанести тальк или специальный спрей.

1.4. Закрыть пресс-форму и проверить правильность сопряжения ее частей.

1.5. Зажать пресс-форму между двумя алюминиевыми пластинами.

1.6. Произвести инъекцию.

1.7. Охладить пресс-форму 1-2 мин.

1.8. Осторожно раскрыть пресс-форму.

1.9. Извлечь выплавляемую модель.

1.10. Проверить качество модели.

При обнаружении недоливов необходимо повысить давление или температуру инъекции. Последняя не должна превышать предельного значения, рекомендуемого для используемой марки модельной массы.

1.12. Повторить операции 1.2–1.11 для получения необходимого количества моделей.

Задание 2. Монтаж блок модели

1. Произвести сборку блок-модели.
 - 1.1. Взвесить резиновое основание опоки, в которой будет установлен стояк.
 - 1.2. Установить стояк в резиновое основание и опаять по шву.
 - 1.3. Взять модель пинцетом за литник и заостренным концом паяльника сделать отверстие в стояке, в которое посадить модель, опаяв шов по кругу.
 - 1.4. Убедиться, что модель прикреплена правильно.
 - 1.5. Повторить операции 1.2–1.4 для установки необходимого количества моделей.
 - 1.6. Взвесить готовую блок-модель вместе с основанием и определить вес блок-модели без основания.
 - 1.7. По известной массе блок-модели рассчитать навеску металла для полного заполнения литейной формы.
 - 1.8. Сделать эскиз блок-модели.

Контрольные вопросы

1. Какие материалы применяются для изготовления моделей?
2. Какое оборудование и инструмент для изготовления моделей.
3. Какие технологические параметры влияют на качество моделей?
4. Какова технология изготовления блок-модели?
5. Как влияет сборка блок-модели на качество отливок?
6. Как определяется необходимое количество металла для получения блок-отливки?
7. Как устроен инжектор?
8. Правило включения инжектора.

11. Изготовление литейной формы

Цель работы: ознакомиться с технологией и оборудованием для изготовления литейной формы.

Оборудование, приспособления, инструменты: опока, блок-модель с резиновым основанием, формовочная смесь, весы, мерный стакан, таймер, вибровacuумная установка, муфельная прокалочная печь.

Теория. Технологические приемы изготовления литейных форм процесса литья по выплавляемым моделям делят на две основные группы:

- нанесение огнеупорных облицовочных (слоистых) покрытий в основном на этилсиликатном связующем на поверхность выплавляемых моделей, т.е. изготовление слоистых форм-оболочек;
- заполнение жидкими облицовочно-наполнительными суспензиями опок с установленными в них модельными блоками, т.е. изготовление литейных форм-монолитов.

В обоих случаях процесс затвердевания протекает по коллоидно-химической схеме с аморфным, смешанным и кристаллическим состоянием вяжущих элементов. Аморфное состояние характерно для органических связующих (сульфитно-спиртовой барды, масел, лаков и др.), смешанное состояние - для минерально-органических связующих (этилсиликата, щелочных силикатов, алюминатов и др.), кристаллическое состояние – для минеральных связующих (гипса, цемента).

Литье в формы-оболочки при производстве отливок из драгоценных металлов и сплавов не нашли широкого применения из-за ряда недостатков (нечеткого воспроизведения рельефа отливок, высокой трудоемкости при выбивке отливок, проницаемости материала покрытий для сплавов золота и серебра в расплавленном виде, т.е. высокие потери и др.).

По этой причине в ювелирном производстве применяют литейные формы-монолиты из формовочных смесей, которые обладают необходимыми физико-химическими и технологическими свойствами: текучестью, прочностью в сыром и обожженном состоянии, термостойкостью, газопроницаемостью, огнеупорностью, выбиваемостью, инертностью с заливаемыми сплавами и др. Отклонение от перечисленных требований может привести к образованию брака. Так, если материал формы реагирует с заливаемым металлом, то образующиеся продукты реакций вызывают химический пригар и являются причиной брака отливок. Формы с низкой прочностью

размываются заливаемым металлом, вызывая брак по геометрии формы отливок, а мелкие частицы формы являются причиной засоров в отливках. Формы с высокой прочностью трудно разбиваются, что повышает трудоемкость при выбивке отливок и также может привести к дефектам отливок. При низкой газопроницаемости форм находящиеся в форме воздух и газы, выделяющиеся из расплавленного металла, не смогут удалиться через стенки формы и приведут к внутренней пористости отливок с неудовлетворительным качеством поверхности.

Все смеси состоят из двух составляющих - наполнителя и связующего и представляют собой:

- суспензии из жидкой фазы – водного раствора с кислотными добавками;

- твердой фазы – наполнителя из огнеупорного материала (кварца, циркона, электрокорунда, оксидов магния и кальция, динаса, шамота и др.);

- связующего (гипса, алюмосиликата, фосфатов и др.).

Для изготовления ювелирных литейных форм-монолитов применяются жидкие самотвердеющие формовочные смеси, которые состоят из оксида кремния (SiO_2) в виде кварца или кристобалита и гипса в виде полугидрата ($2Ca_8O_4 \cdot H_2O$). Оптимальное количество дистиллированной воды, которое нужно добавлять на 1 кг формовочной смеси представлено в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Специальные добавки для получения формовочной смеси

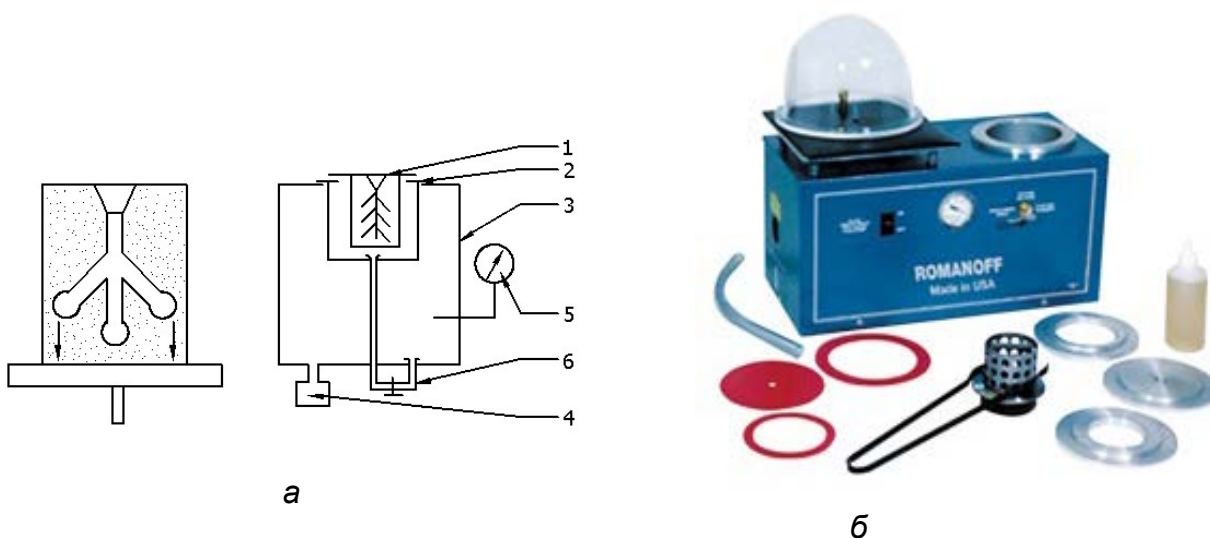
Марка формовочной смеси	Количество воды, литр	Добавки в раствор формовочной смеси при затворении
К-90	0,40	-
Суперкаст	0,41	-
Сатинкаст	0,42	-
Ювелирная	0,39	5 мл/л H_3PO_4

Изготовление литейных форм-монолитов из формовочной смеси состоит из ряда операций: приготовления и хранения смеси, изготовления, сборки и хранения формы, заливки металлом, охлаждения формы, отделения смеси при выбивке отливок.

При изготовлении литейных форм предварительно производят сборку опоки, для чего на резиновое основание с закрепленной на нем блок-моделью устанавливают опоку. В качестве опоки используют перфорированный цилиндр из нержавеющей стали диаметром 50-225 мм и высотой 100-300 мм в зависимости от размеров блок-модели. Опоку заливают подготовленной формомассой и для уплотнения формо-

массы и удаления из нее пузырьков воздуха и производят вибровакuumирование при давлении 1,3 кПа в течение 120-180 с в вибровакuumной установке. Некачественное вибровакuumирование является причиной образования пузырьков воздуха на поверхности выплавляемых моделей и появления на поверхности отливок капельных наплывов.

Принципиальная схема вибровакuumной установки представлена на рисунке 11.1. Установка состоит из вакуумной цилиндрической камеры высотой 350 мм и диаметром 300 мм, смонтированной на рабочем столе вибратора и форвакуумного насоса. Впуск воздуха в вакуумную камеру осуществляется посредством открывания вентиля воздушного клапана.



1 — опока; 2 — рабочая камера; 3 — камера предварительного разряжения;
4 — вакуумный насос; 5 — манометр; 6 — вакуумный затвор
Рисунок 11.1 – Схема (а) и общий вид (б) вибровакuumной машины

После затвердевания формы производится удаление восковых моделей из литейной формы двумя способами выплавлением:

- 1) с помощью пара;
- 2) при нагреве опок во время прокалки.

Более распространен второй способ, который более прост, производителен и обеспечивает более полное удаление модельного состава из литейной формы. Вытопка восковой массы производится в муфельной печи, оснащенной поддоном для сбора расплавленного воска.

Прокалка форм производится в прокалочной муфельной печи (рисунок 11.2).



Рисунок 11. 2 - Муфельная печь для обжига опок

Электродуховка выпускается в двух исполнениях: с одноступенчатым или многоступенчатым микропроцессорным терморегулятором. Электродуховки обоих исполнений могут комплектоваться устройством принудительной вытяжки. Они работают от сети переменного тока 220 В

Таблица 11.1 - Технические характеристики муфельной печи

Наименование параметра	Значение параметра	Примечание
1. Диапазон регулирования температуры в электродуховке, °С: с многоступенчатым микропроцессорным терморегулятором	от 50 до 1100	До температуры 200°С устанавливать скорость нагрева 3-4°/мин (№3)
2. Точность поддержания температуры в точке установки термопреобразователя в установившемся температурном режиме, °С, не более	± 4	
3. Неравномерность температуры по объему камеры в установившемся температурном режиме, °С	± 15	
4. Время разогрева до максимальной температуры, мин, не более:	90	
5. Дискретность задания температуры, °С	1	
5. Дискретность задания времени в электродуховках с многоступенчатым микропроцессорным терморегулятором, мин	1	
7. Размеры рабочей камеры, мм:	192x165x290	
8. Потребляемая мощность, кВт, не более	2,2	

На пульте управления электропечи с многоступенчатым микропроцессорным терморегулятором индицируются (рисунок 11.3):

- 1) номер ступени;
- 2) задаваемое значение температуры;
- 3) задаваемое значение времени;
- 4) задаваемое значение скорости нагрева;
- 5) текущее значение температуры;
- 6) текущее значение времени;
- 7) задаваемый параметр при вводе информации;
- 8) участок ступени в режиме
РАБОТА (НАГРЕВ / ОХЛАЖДЕНИЕ, СТАБИЛ.);
- 9) превышение температурой в электропечи аварийного значения;
- 10) обрыв цепи датчика температуры.

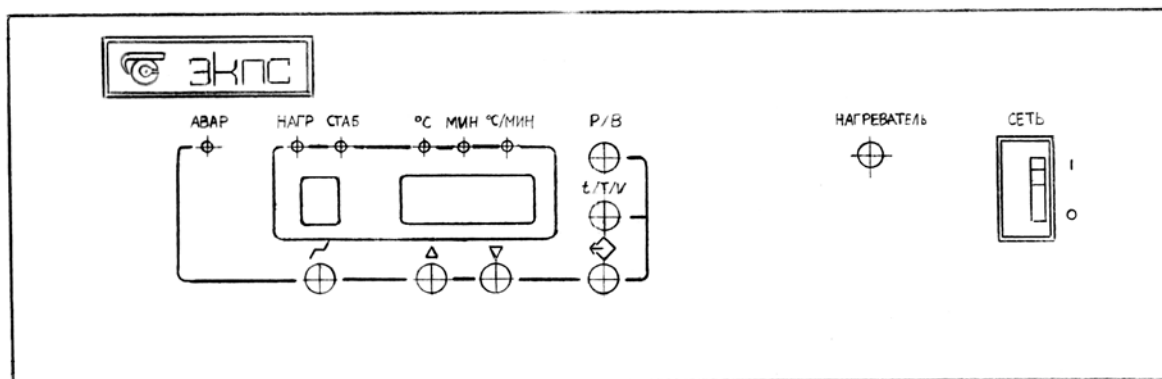


Рисунок 11.3 - Пульт управления электропечи

Электропечь обеспечивает четыре скорости нагрева:

- 0 → максимальный нагрев;
- 1 → 7–8 °С/мин,
- 2 → 5–6 °С/мин,
- 3 → 3–4 °С/мин.

Порядок работы с печью

1. Загрузить электропечь.
2. Закрывать дверь электропечи
3. Включить выключатель «СЕТЬ» на лицевой панели электропечи (рис 3). При этом на цифровом индикаторе загорится "1" (первая ступень). Цифровые индикаторы, на которые выводится значение параметра, начинают мигать – регулятор находится в режиме «ВВОД». Включен индикатор параметра – «°С».

4. Ввести клавишами "▽" "Δ" необходимые на данной ступени температуру, время стабилизации и скорость.

При удержании клавиш в нажатом состоянии, происходит быстрое увеличение (уменьшение) значения параметра, выводимого на цифровые индикаторы. При единичном нажатии происходит увеличение (уменьшение) значения параметра на "1".

5. Переключить терморегулятор с ввода времени на ввод температуры или скорости и наоборот нажатием клавиши «t / T / V». При этом каждое нажатие сопровождается включением соответствующего светодиодного индикатора (температура → «°C», время стабилизации → «МИН» скорость нагрева → «°C/МИН»).


6. Для перехода на следующую ступень нажать клавишу "↵" (всего ступеней может быть от 0 до 9) и ввести температуру, время и скорость аналогично п.4.

7. Время «ночного режима» вводится на 0 ступени.

8. Ввести время "ночного" режима в минутах (время, через которое электропечь переходит к отработке основной программы) клавишами "▽" "Δ". Если "ночной" режим отсутствует, установите время ночного режима равным 0000.

9. Если заданная температура на какой-то ступени 0000, то в режиме РАБОТА терморегулятор воспринимает значение установки «0000» как команду прекратить работу на этой ступени, т.е. ступень, предшествующая ступени со значением температуры 0000, является последней. Если такой ступени нет, то последней является девятая ступень.

Пример ввода программы приведен в приложении 3.

10. Для контроля температуры в режиме ВВОД нажать клавишу . На время удержания клавиши на цифровые индикаторы выводится значение температуры в электропечи.


11. При выключении питания электропечи введенная программа сохраняется.

12. Для включения электропечи в работу по заданной программе установить клавишей "↵" на индикаторе "↵" номер ступени, с которой должна начаться работа и включить режим «РАБОТА» клавишей "P/V". При этом происходит запись в память введенной программы работы печи. Если программа начинается с 0 ступени (введен "ночной режим") включится индикатор "МИН" и начнется отсчет заданного времени "ночного режима". При начале программы с любой другой ступени включится индикатор "НАГР" и, если заданная температура больше температуры в печи, индикатор включения нагревателя («НАГРЕВАТЕЛЬ»).

Если заданная температура меньше температуры в печи, нагреватель не включается, печь охлаждается до заданного значения. Если заданная температура равна температуре в печи, регулятор переходит в режим стабилизации, при этом включается индикатор "СТАБ".

На цифровых индикаторах в режиме «РАБОТА» индицируются:

- номер обрабатываемой ступени;
- температура в печи;

В режиме «РАБОТА», нажав и удерживая клавишу  , можно вывести на индикацию заданную на обрабатываемой ступени температуру, если включен индикатор °С, заданное время, если включен индикатор «МИН» или заданную скорость, если включен индикатор "°С/МИН".

Переключение с контроля температуры на контроль времени или скорости и наоборот происходит при нажатии клавиши "t/T/V", при этом загорится соответствующий индикатор "°С" или "МИН" или "°С/МИН".

13. По окончании работы терморегулятор отключает нагрев и подает звуковой сигнал, причем измерение температуры не прекращается, что позволяет следить за процессом остывания печи.

14. Режим «РАБОТА» можно прервать, нажав клавишу "P/B", при этом терморегулятор перейдет в режим «ВВОД».

15. В процессе работы электропечи при аварийных ситуациях на цифровой индикатор «┐» выводится следующая информация:

- светится верхний горизонтальный сегмент – произошел обрыв в цепи датчика комнатной температуры;
- светится средний горизонтальный сегмент – температура в камере превысила 1150°C, или произошел обрыв в цепи подключения термопары
- светится нижний горизонтальный сегмент – температура в камере на стадии стабилизации превысила заданную на 50°C.

При всех аварийных ситуациях включается светодиод «АВАРИЯ» и звуковой сигнал. В этих случаях необходимо выключить питание электропечи.

16. При комплектовании печи принудительной вытяжкой ее включение осуществляется тумблером «ВЕНТ».

ВНИМАНИЕ! Недопустимо подключать к сети питания электропечи с микропроцессорным регулятором потребителей, создающих высокий уровень радиопомех: сварочное оборудование и т.п.

Режимы работы прокалочной печи, рекомендованные для применяемых смесей представлены в таблице 1.4. Повышение скорости нагрева литейных форм в этих температурных интервалах приводит к

образованию трещин, поэтому необходимо строго соблюдать режимы прокалики с помощью соответствующих средств автоматики. Максимальная температура прокаливания зависит от количества гипса в формовочной смеси и не должна превышать 800°С, при которой происходит разложение гипса и разрушение формы.

Таблица 11.4 - Режимы прокалики для применяемых смесей

Марка формовочной смеси	Скорости нагрева для температурных интервалов, град/сек		
	до 120 °С	до 280 °С	до 480 °С и выше
К-90	0,020	0,025	0,025
Суперкаст Сатинкаст	0,020	0,020	0,020

Обычно прокаливание литейных форм осуществляется в прокалочных печах по следующему циклу:

1. нагрев от 20 до 150 °С → 30 мин с выдержкой при 150 °С – 3 часа;
2. нагрев от 150 до 300 °С → 2 часа с выдержкой при 300 °С – 2 часа;
3. нагрев от 300 до 750 °С → 3 часа с выдержкой при 750 °С – 3 часа.

Охлаждение прокаленных форм до температур заливки 400–650 °С также проводят со скоростью не выше 0,03 град/сек.

В общем случае температурно-скоростной режим прокаливания литейных форм зависит от их массы, сложности формы получаемых отливок и подбирается в каждом случае индивидуально.

Порядок выполнения работы

1. Установить опоку на резиновое основание, на котором установлен стояк с моделями. При этом край опоки должен располагаться выше самой верхней точки «ёлки» не менее чем на 20 мм, а расстояние между моделью и стенкой опоки должно составлять не менее 10 мм.

2. При использовании перфорированных опок следует обмотать верхнюю часть опоки полоской плотной бумаги в соответствии с приведенными выше рекомендациями. Бумагу в обоих случаях необходимо закрепить клейкой лентой или резиновым кольцом. Исходя из размеров и количества опок, определить и навесить необходимое количество формомассы, удельный вес которой указывается в паспорте.

3. В соответствии с весом формомассы отмерить необходимый объем дистиллированной воды, который составляет 38–40 мл воды на 100 г смеси.

4. Определить рабочее время смеси, для чего нужно засечь промежуток времени от начала смешивания до того момента, когда при

затвердевании поверхность формы утратит блеск. Вычитая 2 минуты из полученного промежутка времени, получают рабочее время смеси. Это и есть лимит времени, который отпущен на изготовление формы.

5. Как правило, при температуре смеси 20–25 °С это время составляет 9-10 мин. Рабочее время увеличивается при снижении температуры смеси и уменьшается при ее увеличении.

6. Добавить порошок в воду (но не наоборот!).

7. Перемешать вручную ложкой или миксером в течении 3–3,5 мин, до получения однородной массы.

8. Вакуумировать смесь в течение 2 мин.

9. Установить опоку в вибровакuumную установку.

10. Заполнить опоку смесью на 10–15 мм выше края опок. Операция должна быть выполнена не более, чем за 2 мин.

11. Вибровакuumировать опоку в течении 2-х минут.

12. Снять вакуум, отключить вибрацию и оставить опоку остывать, как минимум, на 1 час.

13. Удалить резиновое основание. Срезать излишки формомассы с форм до края опоки.

15. Установить в прокалочной печи температуру 150 °С и поместить в нее опоку для вытапливания модельной массы.

16. Провести полное вытапливание модельного состава.

17. Прокалить опоку по рекомендуемому режиму.

Контрольные вопросы

1. Что такое литейная форма и ее особенности для изготовления ювелирных изделий?
2. Какие марки формовочных смесей применяются в ювелирном производстве, их состав?
3. Каковы основные свойства формовочной массы?
4. Каково устройство вибровакuumной установки?
5. Что такое рабочее время формовочной смеси?
6. Каковы основные операции изготовления литейной формы?
7. Назовите основные виды брака при изготовлении литейной формы и причины их возникновения?

12. Химические методы обработки металлов

Теория. В основе химических методов обработки металлов лежат обменные реакции, при которых происходит либо растворение поверхностного слоя материала, либо осаждение вещества из среды. Эти процессы лежат в основе практического применения для осуществления следующих технологических процессов:

- химического травления;
- осаждения покрытий (серебрение, золочение и пр.);
- оксидирования металлов;
- патинырования и декоративной отделки недорогих металлов.

Химическое травление металлов изделий заключается в удалении металла химическим способом. Применяют для получения углублений в виде декоративных орнаментов и рисунков перед таушированием, чернением, эмалированием, нанесением металлических покрытий гальваническим осаждением. Узорчатые углубления получают по прорисованному рисунку химическим воздействием на металл, трафаретной печатью и пр. Для этого перед травлением на металл наносят защитный лаковый слой (резист), сушат, а затем прорисовывают орнамент по контуру. В качестве резиста и растворителя применяют смеси, состоящие из: пчелиного воска и ацетона, жирового карандаша и скипидара, лака (для ногтей) и растворителя, масляных красок и скипидара, шеллака и спирта. Затем изделие погружают в ванночку с раствором кислоты и травят незащищенные участки материала до достижения требуемой глубины канавок. Скорость травления зависит от ряда факторов и может изменяться в пределах 0,6–1,0 мм/ч. После травления удаляют защитный слой резиста растворителем.

Химический состав раствора зависит от вида обрабатываемого материала. Как правило, к ним относятся растворы кислот и солей: золото травится царской водкой или смесью кислот; серебро – азотной кислотой; титан – плавиковой кислотой; сталь – соляной и азотной кислотой, либо хлорным железом. Травление алюминия осуществляется в растворах щелочей, которые удаляют сначала оксидную пленку, а затем основной металл:

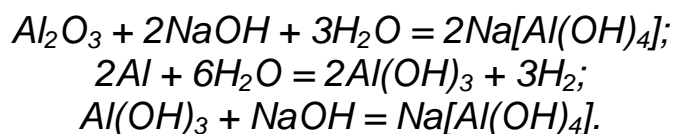


Таблица 12.1 - Химические реагенты для травления металлов и сплавов

Металл	Состав раствора (в %)
Золото	1. царская водка 2. азотная кислота - 7, соляная кислота - 14, перхлорид железа - 2, вода - 77
Серебро	1. азотная кислота – 25, вода 75 2. азотная кислоты – 50, вода – 40, изопропиловый спирт - 10
Медь и никель	1. азотная кислота – 50, вода – 50 2. хлорное железо – 100 3. бихромат калия – 13, серная кислота – 17, вода – 70
Латунь	1. азотная кислота – 50. Вода – 50 2. хлорное железо – 100 3. серная кислота 7, азотная кислота – 1,5; соляная кислота - 1 капля, гидроксид натрия - 0,25; вода - 90
Алюминий	1. нашатырный спирт – 2, сульфат меди – 2, гидроксил натрия - 6, вода – 90 2. соляная кислота – 2, вода - 98 3. соляная кислота - 20, вода – 80
Титан	плавиковая кислота – 20, азотная кислота - 20, вода - 60
Сталь	1. соляная кислота - 67, вода – 33 2. азотная кислота - 20, вода - 80 3. хлорное железо - 100

Химическое окрашивание

Окрашивание благородных металлов производят для осветления сплавов золота или усиления яркости цвета сплавов золота или серебра. Осветление золота, заключается в придании сплаву желтого цвета. Оно производится химическим травлением меди и серебра с поверхностного слоя сплава золота. Травление производят в 50 %-ом растворе серной кислоты при температуре 70–80 °С. Цвет поверхности изделия после травления выявляется после удаления зеленовато-серого слоя с поверхности механическим или иным способом.

Осветление «желтым кипячением» производят в подогретой смеси, состоящей из одной части H_2SO_4 , одной части HNO_3 и двух-четырех частей воды.

Придание сплаву цвета чистого золота достигается травлением с последующим окрашиванием.

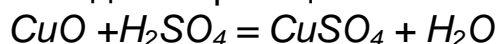
Так, сплавы пробы 583 и выше окрашивают в красящем растворе содержащем: 115г – $NaCl$, 250 г - KNO_3 и 250 мл воды. В покипяченный раствор добавляют 170 г соляную кислоту HCl и кипятят в течение одной минуты. Затем, изделие, предварительно протравленное в 50% растворе H_2SO_4 нагревают, подвесив на проволоку, а затем погружают и

выдерживают в красильном растворе в течение 3-х минут, в результате чего протекает реакция с образованием хлористого соединения – нитрозила $NOCl$ и свободного хлора, которые способствуют красящему действию раствора



Высокопробные сплавы золота хорошо окрашиваются в растворах, содержащих тетрахлористую кислоту $H[AuCl_4]$. В результате химического взаимодействия происходит ионный обмен между медью и золотом как при гальваническом процессе, и поверхность приобретает матовый, желто-коричневый цвет. Обработка длится в течение 3-х минут, после чего изделия промывают в горячей воде и нейтрализуют в кипящем нашатырном спирте.

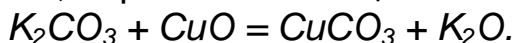
Осветление серебра и его сплавов начинают с предварительного травления для удаления оксидов меди. Травление производят в стеклянной, фарфоровой или фаянсовой посуде в холодном травильном растворе, состоящем из воды, в которую добавляют немного серной кислоты H_2SO_4 (а не наоборот!) в соотношении 20:1. Горячее серебрение заключается в обогащении поверхностного слоя изделия серебром. Для этого сплав нагревают до появления на поверхности оксида и закиси меди, охлаждают и удаляют травлением. Удаление оксидной пленки происходит по реакции



Образующаяся медь осаждается на поверхности в виде красного налета. Её удаляют различными способами: погружением на непродолжительное время в азотную кислоту, повторным травлением в травильном растворе или добавлением в травильный раствор марганцовокислого калия - $KMnO_4$. Последний реагирует с серной кислотой с образованием Mn_2O_7 – неустойчивого соединения, которое отдает кислород и способствует окислению меди



Для придания матово-белого цвета прокаливание и протравливание серебряных изделий повторяют до четырех раз. Однако это может привести к образованию оксидной зоны под поверхностным слоем металла, которую удаляют, обработав кашицей из смеси поташа с водой



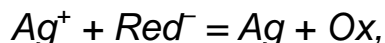
Осветление поверхности медных сплавов можно достигнуть также, обработав изделие в травильном растворе кислого сернокислого калия (100г на литр воды)



Нанесение покрытий химическим методом основано на восстановлении из раствора ионов осаждаемого металла в результате взаимодействия с восстановителем. Применяют для никелирования, омеднения, покрытия двуокисью титана, алюминием, серебром и золотом.

Химическое серебрение. Для химического серебрения могут быть использованы различные составы растворов. В качестве комплексных солей чаще всего используются цианидные $KAg(CN)_2$ или аммиачные соли (NH_4Cl , $(NH_4)_2SO_4$) серебра.

Реакция восстановления ионов серебра до металла происходит по следующей схеме:



где Ag^+ — ион серебра; Red^- — ион восстанавливающего вещества; Ag — металлическое серебро; Ox — окисленная форма восстанавливающего вещества.

Технологический процесс химического серебрения состоит из двух этапов: подготовки поверхности и самого процесса серебрения. Подготовка поверхности изделий заключается в обезжиривании, промывки водой, активирования и промывки дистиллированной водой.

Для химического серебрения обычно готовят два раствора: раствор комплексной соли серебра и восстановитель. В качестве растворов комплексных солей чаще всего используют аммиачные или железосинеродистые (цианистые) комплексы серебра, в качестве восстановителей — инвертированный сахар, глюкозу, сегнетову соль, пирогаллол, формалин, гидразин и некоторые другие вещества.

Химическое серебрение может осуществляться двумя методами: погружением в кюветы или распылением растворов с помощью ручных пистолетов-распылителей и регулируемых сопел.

По первому методу растворы серебра и восстановителя смешивают и заливают в кювету с изделиями, после чего кювету энергично покачивают. Изделия с полученным покрытием промывают сначала дистиллированной водой, затем спиртом и сушат.

При втором методе рабочие растворы смешиваются непосредственно в воздухе над обрабатываемыми изделиями.

Серебрение металлических деталей горячим способом.

Чисто обработанную деталь погружают на цинковой ленте в кипящий раствор, состоящий из следующих компонентов:

Железосинеродистый калий	– 120 г,
Поташ	– 80 г,
Хлористое серебро	– 7,5 г;
Дистиллированная вода	– до 1 л.

Процесс серебрения оканчивается после полного покрытия серебром поверхности детали. Затем деталь вынимают из раствора, промывают и полируют. Следует помнить, что при кипении раствора выделяются вредные вещества, поэтому кипячение следует производить под вытяжкой.

Оксидирование металлов заключается в создании химически тонкой и стойкой защитной оксидной пленки, которая препятствует потускнению поверхности. Декоративно-защитные покрытия наносят на поверхности изделий из серебра, медных сплавов, которые окисляясь, постепенно темнеют и теряют первоначальный блеск.

Существуют различные виды оксидирования: анодирование, хроматная пассивация и пр.

Оксидирование может быть цветным и бесцветным (*пассивированием*).

Цветное пассивирование применяют для окрашивания стали в черный и синий цвета для защиты от коррозии и в качестве декоративного покрытия (воронение). Воронение стали (оксидирование, синение, чернение) – процесс получения на стали слоя оксида Fe_3O_4 толщиной 1–10 мкм. Толщина слоя определяет цвет поверхности, который называют цветом побежалости, который последовательно сменяет друг друга по мере роста толщины пленки: желтый, бурый, фиолетовый, синий, серый. Воронение может быть щелочным, кислотным, термическим. Щелочное воронение производят в щелочных растворах с окислителями при температуре 135–150 °С, кислотное - в кислых растворах химическим или электрохимическим способом.

Патинирование металлов заключается в получении оксидной или сульфидной пленки на поверхности изделий из недорогих металлов (меди, латуни, томпака, нейзильбера, алюминия и стали) для придания благородных оттенков, придания изделиям вида под старину или усиления рельефности. Патина может придать изделию различные цвета: от светло-коричневого до темно-серого или синевато-стального. Патинирование включает подготовку поверхности и сам процесс патинирования. Поверхность изделия шлифуют, полируют, отбеливают в 10%-м растворе соляной кислоты, а затем промывают и сушат. Патинирование сплавов золота и серебра производят при воздействии химических реагентов, приведенных в таблице 12.2.

Цвета окраски недорогих металлов, получаемые химическим способом, зависят от состава реагентов или среды воздействия (таблица 12.3).

Химическое патинирование меди производят в растворе, содержащем гипосульфит натрия и концентрированную серную кислоту

(5 г на 1 л воды), или в водном растворе серной печени, который наносят после чистовой полировки. После патинирования изделие полируют до образования глянца. Серную печень готовят из смеси порошковой серы с поташем в соотношении 1 : 2. Полученную смесь разогревают и плавят в течение 15 мин., в результате чего темнеет, приобретая темно-бурый цвет. Охлажденную серную печень измельчают в порошок и применяют в виде раствора (10–20 г порошка на 1 л воды). Требуемый цвет патинированной поверхности зависит от времени выдержки и концентрации раствора. Излишняя передержка металла в растворе приводит к образованию интенсивного черного цвета, который, однако, сохраняется непродолжительное время.

Химическое окрашивание алюминиевых бижутерийных и галантерейных изделий производят различными методами: тонированием графитом, анодированием, температурным тонированием, подкраской и копчением. Применяют также и комбинацией химического, механического и температурного воздействия.

Таблица 12.2 - Зависимость цветовой окраски патины от состава химических реагентов

Сплав металла	Цвет окраски	Состав реагентов или среда воздействия
Золото, серебро	патина от коричневого до черного	Серная печень (сульфат калия) и вода
	насыщенный черный	Серная печень, нашатырный спирт и вода
	чёрный с синевой	Сульфат бария и вода
Серебро	серый	Водный раствор хлорида платины
	серый	Хлорный отбеливатель
	коричневый	Селеновый вираж для фотографии
	голубой	Пары чистой серы
	бледно-голубой	Раствор хлорида платины
	зеленый	Соляная кислота, йод и вода
	желтый	Раствор оксида железа с серной кислотой

Окрашивание металлических деталей в любой цвет

На 1 л электролита требуется: медного купороса – 60 г, сахара-рафинада – 90 г, едкого натра – 45 г, вода – 1 л.

В раствор медного купороса объемом 200–300 мл добавляют 90 г сахара и тщательно размешивают. Отдельно в 250 мл воды растворяют 45 г едкого натра и к нему небольшими порциями, постоянно помешивая,

приливают раствор медного купороса с сахаром. Затем добавляют воду до получения 1 л. Чтобы цвета были более контрастными, в готовый электролит добавляют 20 г безводной соли углекислого натрия.

Таблица 12.3 - Зависимость цвета окраски металлов от состава реагентов

Металл	Цвет окраски	Состав реагентов или среда воздействия
Сталь	синий	Гиперсульфит и уксуснокислый свинец
	черно-коричневый	Хлористое железо, железный купорос и азотная кислота
	черно-синий (вороненая сталь)	Двуххромокислый калий
	черный	Закаливанием и охлаждением в масле
Медь	черный	Серная печень
	серый	Серная печень и хлористый натрий
	коричневый и красно-коричневый	Медный купорос, хлористый цинк
	голубой	Хлорид натрия, нашатырный спирт, вода (или уксусная кислота)
	антично-зелёный	Раствор из нитрата меди, хлорида аммония, хлорида кальция
	красный	Раствор из ацетата меди, гидроксила натрия, карбоната кальция, сульфата меди
Латунь, бронза	черный, коричневый	Гиперсульфит с кислотами
	оливковый, коричневый, черный	Хлорокись меди с нашатырным спиртом
	оранжево-красный	Сернистый калий
	оранжевый	Нитрат железа
	голубой	Ацетат свинца с тиосульфатом натрия и уксусной кислотой
	небесно-голубой	Нитрат меди, вода
	яблочно-зеленый	Раствор хлорида меди и хлорида аммония
Алюминий	любой	Пигментами
	коричневый	Олифой с прокаливанием
	оливковый	Скипидаром с прокаливанием

Процесс окрашивания начинается через 2–3 мин после погружения изделия. Цвет окраски зависит от времени: 2 мин – коричневый, 3 мин – фиолетовый, 3–5 мин - синий, 5–6 мин голубой, 8–12 мин - желтый, 12–13 мин - оранжевый, 13–15 мин - красный, 17–21 - зеленый цвет.

После окрашивания в нужный цвет деталь промывают, высушивают и покрывают бесцветным лаком.

Анодом служит пластина, а катодом - деталь.

Задание

Произвести травление металлической пластинки.

1. Обезжирить образец, промыть в горячей и холодной воде. Просушить
2. Покрывать поверхность образца защитным лаком, просушить.
2. Нанести на поверхности рисунок орнамента иглой и удалить слой лака с поверхности орнамента.
3. Подготовить травильный раствор для данного вида материала в стеклянной посуде.
4. Погрузить образец в подогретый до 40 °С раствор и подвергнуть травлению в течение 10 мин.
5. Изъять образец из раствора, промыть в воде и измерить глубину образовавшейся канавки.
6. При необходимости повторить травление образца в растворе до достижения требуемой глубины канавки образовавшегося орнамента.
7. Промыть образец, просушить.
8. Подвергнуть образец химическому окрашиванию или нанести покрытие химическим способом в углубления в соответствующем растворе.
9. Промыть образец и просушить.
10. Снять защитный лаковый слой с поверхности образца.
11. Промыть изделий, просушить и протереть фланелевой ветошью.

13. Нанесения покрытия методом гальваностегии

Цель работы: изучить технологию электрохимического нанесения покрытия.

Теория. В зависимости от назначения электролизные процессы нанесения покрытий делят на методы рафинирования, гальваностегии и гальванопластики.

Гальванопластика (от «гальвано» и греч. plastikē — ваяние) — получение точных металлических копий методом электролитического осаждения на металлическом или неметаллическом оригинале.

Гальваностегия — электролитическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета для защиты его от коррозии, повышения износоустойчивости, предохранения от цементации, в декоративных целях и т. д. Получаемые покрытия — осадки — должны быть плотными, а по структуре — мелкозернистыми. Чтобы достигнуть мелкозернистого строения осадков, необходимо выбрать соответствующие состав электролита, температурный режим и плотность тока.

Гальваностегия применяется шире, чем гальванопластика; её цель придать готовым изделиям или полуфабрикатам определённые свойства: повышенную коррозионную стойкость (цинкованием, кадмированием, лужением, свинцеванием), износостойкость трущихся поверхностей (хромированием, железнением). Гальваностегия применяется для защитно-декоративной отделки поверхности (достигается никелированием, хромированием, покрытием драгоценными металлами). По сравнению с издавна применявшимися методами нанесения покрытий (например, погружением в расплавленный металл) метод гальваностегии имеет ряд преимуществ при незначительной толщине покрытия.

Все покрытия в гальваностегии должны быть прочно сцеплены с покрываемыми изделиями; для многих видов покрытий это требование должно быть удовлетворено при любой степени деформации основного металла. Прочность сцепления между покрытием и основой обеспечивается надлежащей подготовкой поверхности покрываемых изделий, которая сводится к полному удалению окислов и жировых загрязнений путём травления или обезжиривания. При нанесении защитно-декоративных покрытий (серебряных, золотых и т. п.) необходимо удалить с поверхности изделий оставшуюся от предыдущих операций шероховатость шлифованием и полированием.

В качестве гальванической ванны может быть использована стеклянная посуда такого размера, чтобы покрываемый металлом предмет свободно в ней размещался и при этом не находился слишком близко от анодных пластин

Производительность процесса покрытия зависит от режимов обработки и ряда других факторов. К режимам обработки относятся: напряжение на электродах U , анодная D_a и катодная D_k плотность тока, вид тока и пр. Плотность тока зависит от вида материала.

Так, при золочении ее принимают равной $10\text{--}30 \text{ A/m}^2$, при хромировании $(1\text{--}2)\cdot 10^3 \text{ A/m}^2$.

Тогда ток на ванне I (А), можно определить по формуле

$$I = DS,$$

где D – катодная плотность тока, A/dm^2 ; S – площадь поверхности покрываемых деталей, dm^2 .

Производительность и качество гальванических покрытий зависит также от степени кислотности и щелочности электролитов. Различают нормальный и насыщенный раствор электролита. Нормальный раствор – это раствор, в котором в одном литре растворителя содержится количество вещества равного его эквивалентной массе. Насыщенным является раствор, содержащий максимальное количество вещества в растворе.

Из толстой медной проволоки или трубок выполняют поперечные перекладки, две из которых служат для подвешивания медных пластин – анодов (аноды крепятся прочно на зажимах), а третья (средняя) – для никелируемых или омедняемых и т.д. предметов. Покрываемые предметы подвешивают на медных проволоках.

Аноды должны быть тщательно очищены от окислов, грязи и обезжирены, так же как и предметы, предназначенные для покрытия металлом. Важным условием успешного никелирования и меднения является чистота. Если в электролите появилась муть или образовался осадок, электролит необходимо профильтровать.

Изделия погружают в ванну, для чего их сначала подвешивают на оголенных медных проводниках диаметром $0,8\text{--}1 \text{ мм}$ к перекладке, подключают к источнику питания. Если во время гальванизации металл порывает изделие неравномерно, то следует изменить положение предмета, повернув его к аноду той стороной, на которой слой металла получается тоньше. Появление темных пятен свидетельствует о плохом обезжиривании. Если на изделии получена матовая поверхность покрытия, то для придания блеска её необходимо отполировать сукном с помощью порошка мела.

Описание прибора для электролитического покрытия.

Гальваническая установка PROCRAFT (рисунок 13.1) – это прибор, предназначенный для выполнения:

1. декапирование (электроочистка),
2. снятие старого слоя металла,
3. электрохимполировки,
4. оксидирования и окрашивания,
5. гальванического покрытия,
6. маскировки (покрытия специальным лаком частей изделия, не требующих гальванического покрытия),
7. электрогравировки.

Технические характеристики прибора:

- сила тока 0–25 А;
- напряжение 0–10 В.

Прибор преобразует переменный ток в постоянный.

На пульте управления прибора расположены (рисунок 13.2):

- включатель прибора с сигнальной лампочкой;
- индикаторы напряжения и силы тока (вольтметр и амперметр);
- регулятор силы тока;
- клеммы для соединения проводов «анод» и «катод»

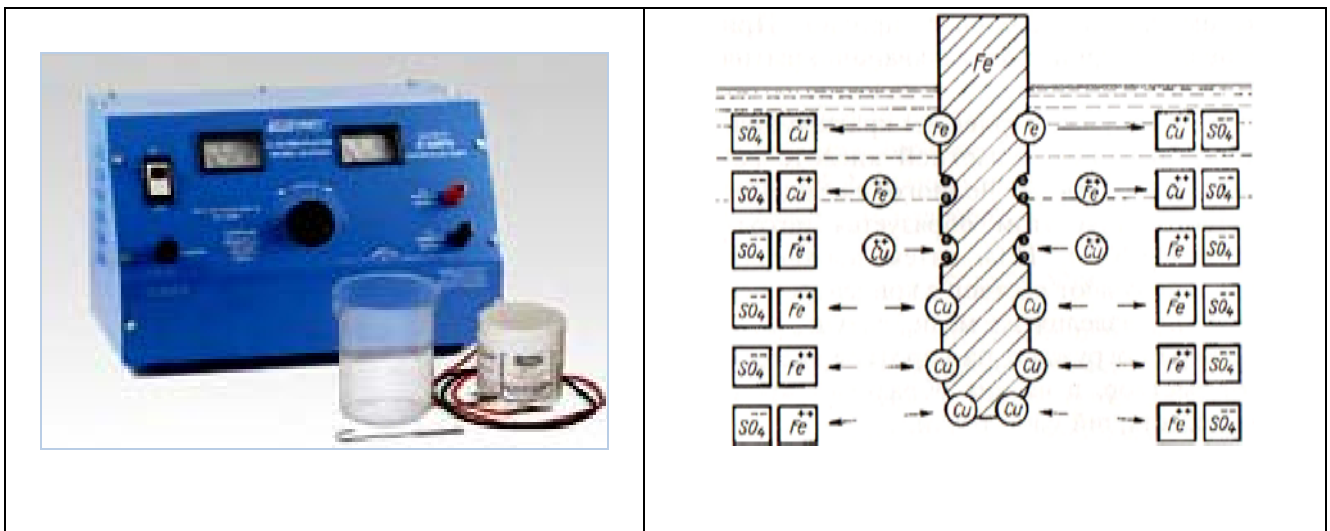


Рисунок 13.1 – Схема гальванической установки и электролизного процесса



Рисунок 13.2 – Пульт управления прибора

Технология гальванических процессов

Декапирование.

Электроочистку выполняют в электроочистительном растворе при температуре 60–65 °С, присоединив изделие к катоду. Напряжение для очистки 10–12 В, время очистки 2–3 мин. После очистки изделие промыть в горячей воде и просушить.

Снятие гальванического слоя.

Удаление производить при температуре 60–70 °С. Изделие - анод, катод – пластина из нержавеющей стали. Напряжение – 6 В. Слегка взбалтывать сосуд. После очистки изделие промыть водой.

Электрохимполировка.

Электрохимполировку выполняют в растворе pH 1–1,5 при температуре 18–30 °С, анодной плотности тока 3–4 А/дм². Катод – нержавеющая сталь. Материал катода нержавеющая сталь с содержанием хрома более 12 % (12Х18Н10Т и др.). Подвеска из титана марки Т0, Т1. Отношение площади анода к площади катода не менее 1/3. Корректировку pH при загрязнении раствора производить при помощи P_2SO_4 либо $NaOH$ ((KOH)).

Методы нанесения покрытий металлами

Меднение

Меднение осуществляют в сосуде из нержавеющей стали или стекла в растворе медного купороса при температуре 25 – 40 °С, присоединив изделие катоду, а анодом служит чистая медь. Напряжение 3–5 В. Время – 30 сек.

Никелирование

Составы электролитов

1. Раствор электролита:

- сернокислый никель-аммоний – 50 г,
- хлористый аммоний – 40 г,
- вода – до 1 л.

В раствор добавляют небольшое количество металлического цинка и непрерывно помешивают.

2. Электролит для матового никелирования

- сернокислый никель – 217,5 г,
- хлористый никель – 46,5 г,
- борная кислота – 31 г,
- вода – до 1 л.

Рабочая температура ванны 50–70 °С.

Плотность тока 1,5–5 А/дм². рН 5,2–5,8.

3. Электролит для никелирования (твердое покрытие)

- сернокислый никель – 150 г,
- хлористый аммоний – 20 г,
- борная кислота – 25 г,
- вода – до 1 л,

Рабочая температура ванны – 50–60 °С,

Плотность тока – 2,5–5 А/дм². рН 5,6–5,9

4. Электролит для хромирования (твердое покрытие)

- хромовый ангидрид – 250 г,
- серная кислота концентрированная – 2,5 г,
- вода – до 1 л,

Рабочая температура – 25–65 °С,

Плотность тока – 20–50 А/дм².

Серебрение

Серебрение осуществляют в специальном растворе при температуре 20 °С. Изделие – катод, анод – серебро. Время 1 – 10 мин в зависимости от толщины. Изделие повесить на медной проволоке. Напряжение – 2В.

Электролит для серебрения:

- хлористое серебро – 40г,
- железосинеродистый калий (красная кровяная соль) – 200г,
- поташ – 20г,
- вода – до 1л.

Рабочая температура 20–80 °С.

Плотность тока 1–1,5 А/дм².

Задание

Нанести металлическое покрытие (никелирование) на металлическое украшение, изготовленное ранее студентом, согласно указанной технологии.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность электролиза?
2. Виды выполняемых работ с применением прибора?
3. Виды покрытий и условия проведения электролиза?
4. Как провести окрашивание металлов?

14. Технология пайки металлов

Цель работы: изучить устройство оборудования и технологию пайки и сварки газопламенным способом.

Инструменты и принадлежности к работе: бензиновый паяльный аппарат с горелкой; электролизная газосварочная установка «Лига-02», леткал; фиксирующие инструменты: зажимы, пинцеты, булавки; наждачные шкурки и надфили для чистки поверхности; стеклянный стакан для отбеливания.

Материалы: припой и флюсы; 5 %-й раствор серной кислоты.

Краткие теоретические сведения

Пайкой называют технологический процесс сборки неразъемных соединений при помощи легкоплавкого сплава – *припоя*. В основе процесса пайки лежит диффузионное взаимодействие между расплавленным припоем и соединяемыми металлами. Температура плавления припоя должна быть ниже температуры соединяемых деталей не менее чем на 40–50 °С.

Применяют два типа соединяемых изделий: *внахлест* и *встык*.

На качество пайки оказывают влияние исходная шероховатость поверхностей соединяемых металлов, температурный режим пайки, выбранный тип соединения, количество припоя и плотность прилегания соединяемых деталей. Перед пайкой поверхности должны быть тщательно подготовлены, для чего поверхности следует очистить от загрязнений от окислов механическим или химическим способом. Затем поверхности следует подогнать (*припасовать*) друг к другу с большой точностью и плотностью. Зазор между ними допускается в пределах не более 0,025–0,1 мм. Фиксация деталей может осуществляться различными способами, для чего применяют булавки, зажимы, зажимные пинцеты, тиски и прочие инструменты. Можно также обвязать изделие тонкой проволокой (которая впоследствии будет снята) или использовать монтажную огнеупорную массу, которая обеспечивает неподвижное положение соединяемых элементов. Фиксацию элементов изделия производят на монтажном столике, на неподвижном асбестовом леткале либо на поворотном леткале-вертушке.

Различают два вида пайки:

- пайка *мягкими припоями* с температурой плавления до 400 °С;
- пайка *твердыми припоями* с температурой плавления 550 °С.

Мягкие припои изготавливаются на основе свинца и олова. Такие припои с содержанием олова в пределах 50–60 % имеют наименьшую

температуру плавления сплава в интервале 180–230 °С. Но такие сплавы непрочны и нетверды.

Твердые припои применяют для пайки драгоценных металлов. Для улучшения некоторых свойств припоя (легкоплавкости, текучести, цвета, оттенков) в него могут быть добавлены такие металлы, как серебро, кадмий, медь, цинк, палладий и никель. Цвет золотых припоев может быть желтым и белым. Твердые латунные припои с различными цветами применяются для пайки меди, бронзы, латуни и стали. Серебряные припои марок ПСР применяются для пайки изделий из серебра, латуни, бронзы и стали. Золотые припои применяют для пайки золотых изделий; они должны быть идентичны основным спаиваемым металлам.

Маркировка припоев согласно стандарту имеет следующий вид: ПСр 40 (в %): $Ag - 40$; $Cu - 16,7$; $Zn - 17$; $Cd - 26$.

Для пайки алюминия применяют припои, состоящие из олова, цинка, кадмия с температурой плавления 200 °С; или припои из алюминия и цинка с температурой плавления 525 °С.

Для пайки изделий из нейзильбера, мельхиора, медно-никелевых сплавов и алюминиевой бронзы применяют медно-фосфорные припои с температурой плавления от 183 °С до 650 °С.

Флюсы. Флюсы предназначены для удаления оксидов металлов в шлаки, а также для улучшения жидкотекучести припоя.

По химической активности с металлами восстановительные флюсы могут быть слабоактивными для работы с легкоплавкими припоями и сильноактивными для работы с тугоплавкими припоями драгоценных металлов.

К первой группе флюсов относятся канифоль, древесные смолы, воск, стеарин, вазелин, животные жиры, минеральные масла, органические кислоты. Наибольшее распространение среди них нашла канифоль $C_{20}H_{30}O_2$, которая производится из смол хвойных деревьев. Она экологически безвредна, однако плохо растворяет оксиды. Канифоль имеет температуру плавления 100–200 °С.

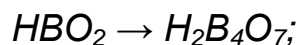
Вторая группа флюсов является наиболее распространенной в промышленности и включает органические кислоты, хлориды и фториды металлов, буру, поташ K_2CO_3 .

Борная кислота H_3BO_3 . При нагревании борная кислота переходит в ряд состояний до образования борного ангидрида в следующей последовательности:

1) при нагревании до 70 °С образуется метаборная кислота:



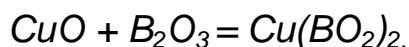
2) при 500 °С метаборная кислота превращается в тетраборную кислоту:



3) тетраборная кислота превращается в борный ангидрид (оксид бора):



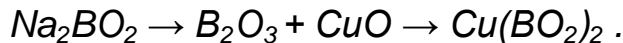
Образовавшийся борный ангидрид, реагируя с оксидами металлов, выводит их в шлак



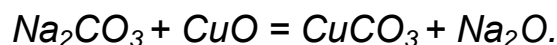
Бура (тетраборат натрия) $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$. При нагреве до температуры 400 °С бура распадается на метаборат натрия и трехокись бора:



Буру используют при пайке золота, серебра, мельхиора. кипятят и охлаждают. При этом происходит преобразование буры с образованием борного ангидрида, который выводит оксид меди в шлак по следующей реакции:



Кальцинированная сода Na_2CO_3 . При температуре 850 °С сода плавится и образует с оксидами металлов карбонаты, которые поднимаются над расплавом в виде шлаков:



При этом под действием натрия пламя окрашивается в желтый цвет.

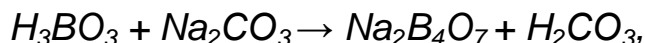
Поташ K_2CO_3 . Карбонат калия сходен по своим свойствам с содой. Температура плавления поташа 897 °С.

Нередко для пайки могут быть использованы флюсующиеся смеси. Например, для сплавов золота, не содержащих никеля, применяют смесь буры с борной кислотой в соотношении 1:1, 1:2, 2:1. Приготовление указанных флюсов из буры и борной кислоты заключается в их смешивании в соотношении 1:10 с водой в огнеупорном сосуде и нагреве до плавления смеси. При этом над ее поверхностью образуются пузырьки, после чего дальнейший нагрев производят до тех пор, пока над всей расплавленной массой поднимется

один большой пузырь – *шатер*. После охлаждения кристаллы растирают и разбавляют водой до сметанообразной кашицы.

Для подготовки флюса смесь засыпают и перемешивают в металлической емкости и нагревают до появления «шатра» (газового пузыря над раствором). После охлаждения образовавшиеся кристаллы растирают и разбавляют водой до кашеобразного состояния.

Флюсующаяся смесь из борной кислоты и соды, взаимодействуя между собой, образует буру

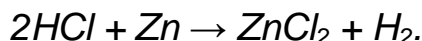


Смесь поташа с бурой, в результате взаимодействия, образует метаборат натрия

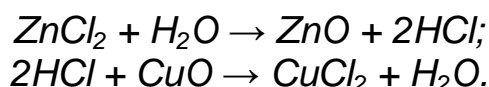


Флюсующаяся смесь может быть образована также из соды, поташа и буры в соотношении 2:2:1 или поваренной соли, поташа и буры в соотношении 1:2:1.

Хлористый цинк $ZnCl_2$ образуется в результате взаимодействия цинка с соляной кислотой. Полученный раствор разбавляют водой в соотношении 1:1



Такой раствор флюса при воздействии температуры вытесняет оксиды металлов по следующей реакции



Образовавшийся расплав соли $CuCl_2$ выводится в шлак. Однако данный флюс $ZnCl_2$ имеет ограниченное применение, ввиду того, что остающиеся в местах пайки хлориды при действии влаги могут вновь образовывать соляную кислоту, которая вызывает коррозию металла.

Хлористый аммоний (нашатырь) NH_4Cl действует подобным образом, образуя шлак и аммоний NH_3



Для мягких припоев применяют такие флюсы как хлористый цинк, хлористый аммоний (нашатырь), флюсовые смеси и канифоль.

Для пайки алюминия применяют следующие флюсы:

- для мягкой пайки – смесь из деревянного масла, канифоли и хлористого цинка в соотношении 3:2:1;
- для твердой пайки смесь из хлористого цинка (8-15 %), фтористого калия 8–12 %, хлористого лития 25–30 %, хлористого калия 59-43 %.

Способы пайки. Применяют следующие способы пайки: *вручную* газовыми горелками, *механизированную* в печах с защитной атмосферой, пайку методом *микрощипцовой сварки* и *автоматизированную пайку*.

Перед пайкой важно установить необходимый температурный режим пламени, который можно отрегулировать подачей воздуха в горелку (рисунок 14.1). При подаче газа без воздуха образуется нежаркое и светлое пламя, применяемое для предварительного прогрева спаиваемых деталей. При незначительной подаче воздуха в горелку пламя становится направленным, слабошумящим и не очень горячим, применяемым для пайки тонкой проволоки. При дальнейшем усилении подачи воздуха пламя становится острошипящим и более жарким, пригодным для прогрева поверхности спаиваемых изделий.

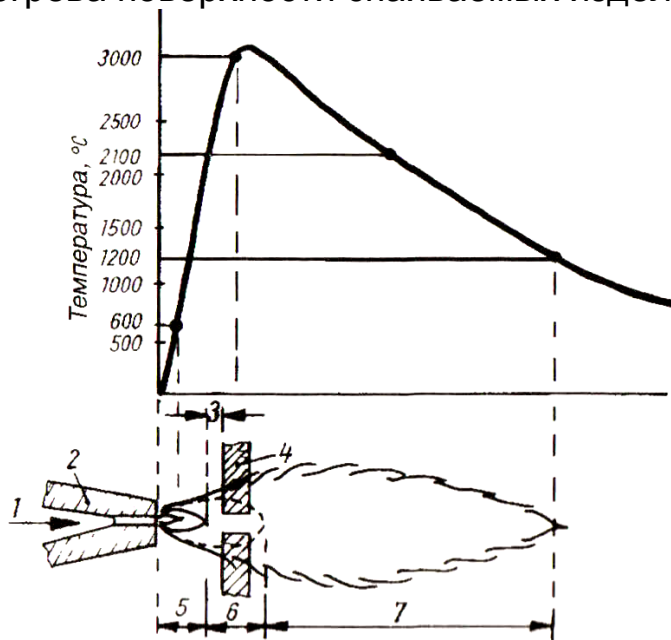


Рисунок 14.1 – Температурные поля пламени газовой горелки

При значительном усилении подачи воздуха (кислорода) образуется пламя в виде конуса, состоящего из двух факелов – внутреннего с меньшей температурой (раскисляющего) и внешнего – с очень высокой температурой (восстанавливающего). Температура пламени факела достигает 2500 °С, длина факела – до 40 мм и максимальный диаметр пламени – 2 мм. Изделие устанавливается на *леткал*, отфлюсо-

вываается, на место стыка укладывается припой, после чего предварительно равномерно нагревается пламенем горелки, а затем – до температуры, близкой к температуре плавления припоя. Затем производится разогревание стыка с припоем до температуры плавления припоя, вводится припой необходимой дозы и производится пайка изделия.

После пайки изделие подвергают *отбеливанию* для травления окисленного поверхностного слоя и удаления слоя флюса. Для этих целей применяют растворы отбелов в огнеупорной посуде. Нельзя пользоваться стальными пинцетами или опускать изделия, связанные стальной проволокой. Для этого необходимо пользоваться медными пинцетами или пластиковыми сеточками. Для изделий из мельхиора и нейзильбера используются отбелы из 10–12 % раствора серной кислоты с добавлением хромпика (5 г на 1 л раствора). Для отбеливания латуни можно использовать раствор из 200 мл азотной кислоты и 250 мл серной кислоты и 5 г поваренной соли на 1 л воды. Серебряные изделия отбеливаются в 1-2 %-м растворе соляной кислоты при температуре 40-60°C не более 30 с. Золотые изделия подвергают отбеливанию в различных растворах, состав которых зависит от пробы металла. Так, изделия 375-ой пробы можно отбеливать в 5–10 %-м растворе серной кислоты при температуре 60 °С. Изделия 500-750-ой пробы в соляном отбеле 5–10 %-й раствор соляной кислоты или в 10–15%-ом растворе серного отбела при нагреве раствора до 60 °С.

Оборудование для пайки.

Бензиновая горелка. Существует несколько видов пайки, из которых в ювелирном деле наибольшее применение нашла пайка газовыми горелками. Для этой цели применяют газовые и бензиновые аппараты. Стальной бензиновый бачок предназначен для образования смеси паров бензина с воздухом. Он состоит (рисунок 14.2) из цилиндра 1 с выходным штуцером 2 в верхней боковой части бачка. Трубка 3 служит для подачи воздуха, а горлышко 4 для заливки бензина. На трубку навинчивают кран подачи воздуха 5. На заливное горлышко 4 навинчивается герметичная крышка 6 с уплотнительным кольцом.

Бензиновая горелка для пайки состоит из рукоятки 1, латунной трубки 2 и мундштука 3 с запрессованным рассекателем 4 (рисунок 14.3). Мундштук выполнен в виде ребристого радиатора для охлаждения рабочей части. На другой конец трубки напрессована круглая рукоятка. Трубка снабжена краном для регулирования подачи воздуха в смеситель. Регулирование пламени осуществляется поворотом втулки регулятора.

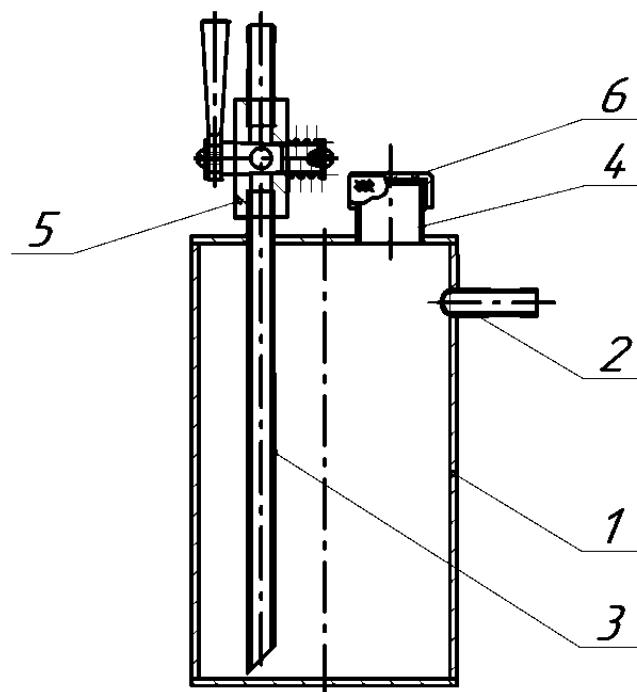


Рисунок 14.2 – Устройство бензиновых бачков

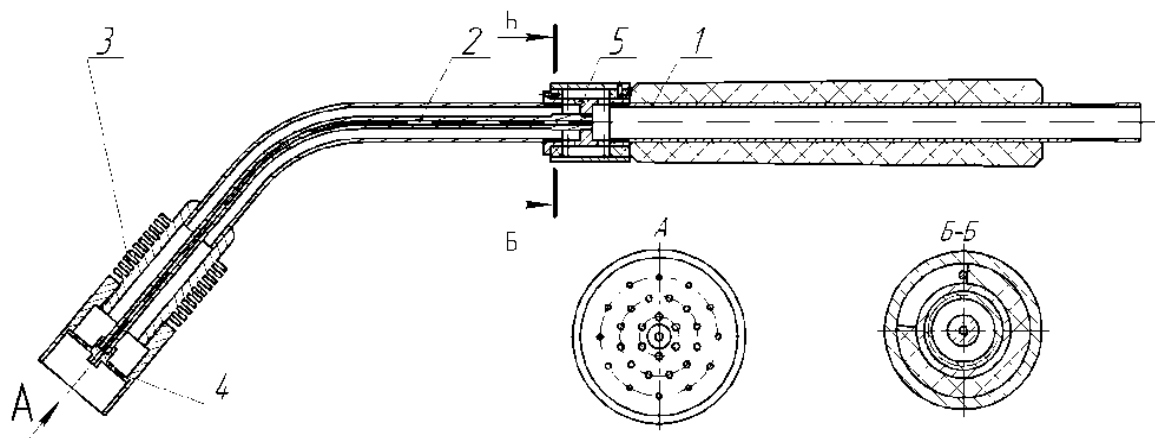


Рисунок 14.3 - Конструкция бензиновой горелки

Для работы бензиновым аппаратом используют высококачественные марки бензина, чтобы на изделиях не образовалась копоть, препятствующая пайке.

Электролизная газовая установка «Лига» предназначена для высокотемпературной пайки, сварки, резки металлов и других материалов (стекла, керамики). Аппарат вырабатывает смесь газов - водорода и кислорода, которая при горении позволяет достигнуть температуры 2600 °С.

Технические данные установки:

- максимальное значение тока – 9 А,
- производительность газовой смеси – до 5 л/мин,
- давление газа – 0,4 МПа,
- средний расход топлива (дистиллированной воды) – 150 см³/час,
- время непрерывной работы без дозаправки водой – 3 час.

Установка содержит блок электролизера, охладитель-обогащитель, горелку со сменными соплами, соединительные шланги и заправочное устройство.

На передней панели устройства размещены регулятор тока, светодиодные индикаторы, выходной штуцер и водяной затвор. На обратной стороне электролизера расположены: датчик давления, датчик уровня электролита, пробка на заливном отверстии.

Расходуемым материалом является вода. Для усиления процесса электролиза в воду добавляют щелочь, которая не расходуется в процессе выработки смеси. Электрический ток при протекании через воду образует газовую смесь из водорода и кислорода. Полученная смесь пробулькивается через водяной затвор, который играет роль пламени преградителя при обратном ударе. Газовая смесь насыщена парами воды. Чтобы избавиться от паров воды газовая смесь пропускается через охладитель-обогащитель (расположенный справа), в котором конденсируется избыточная влага. Охладитель-обогащитель позволяет менять состав пламени регулированием соотношения горючего и окислителя.

Охладитель-обогащитель позволяет с помощью колеса-регулятора вводить в газовую смесь пары летучих углеводородов (бензин, спирт и т.п.). Образовавшаяся газовая смесь по шлангам поступает в горелку. Сила пламени зависит от количества произведенной газовой смеси и регулируется регулятором тока. При засорении газовой магистрали и превышении давления в электролизере срабатывает датчик давления, который выключает ток и подает непрерывный звуковой сигнал и световой на крайний правый светодиод.

Для сварки рекомендуется использовать присадочную проволоку с легированием марганцем и кремнием СВ08Г2С, СВ08ГС, СВ12ГС.

Перед началом работы следует убедиться в том, что электролит имеет минимальный уровень выше датчика уровня, и ниже пробки на 1 см.

Корпус блока должен быть заземлен !

Порядок работы электролизера:

1. Проверить наличие заземления аппарата.
2. Ручку регулятора тока 1 вывести в крайнее левое положение против часовой стрелки.

3. Проверить уровень жидкости в датчике давления.

4. Нормальным уровнем считается уровень не выше верхнего отверстия датчика давления. В ином случае следует ввести датчик давления, для чего наклонить аппарат вдоль длинной стороны основания на угол 90° , а затем вернуть в исходное положение.

5. Заправить охладитель давления углеводородом. Для этого вывинчивают пробку 3 в охладителе и заливают 150 мл бензина, рассчитанного на 1-1,5 часа непрерывной работы. Завинтить пробку.

6. Включить аппарат в электрическую сеть – заработают вентиляторы. Ручку регулятора тока плавно повернуть по часовой стрелке до загорания 2–3-х световых индикаторов.

7. Через водяной затвор должны пойти пузырьки газа, видимые в прозрачном окне.

Если уровень воды в водяном затворе перед включением небольшой и проходит по нижним отверстиям в металлической пластине, то после включения установки он должен подняться до необходимого : на 30-40 мм ниже выходного штуцера. В противном случае следует выключить установку из сети и с помощью штуцера 3 долить дистиллированной воды до необходимого уровня. При слабом выделении пузырьков газа в водяном затворе ввести ток до нуля.

8. Поджечь газ перед соплом горелки

9. Отрегулировать количество вырабатываемого газа ручкой регулятора тока 1.

10. Отрегулировать степень насыщения обогащения газовой смеси парами перемещением колеса регулятора 4 на охладителе из одного крайнего положения в другое. Пламя для сварки должно быть голубого цвета и иметь длину 8–10 мм. Для сварки использовать сопло большего диаметра.

11. Погасить горелку резко сдуть пламя как при гашении свечи.

12. Выключить электролизер. Чтобы сдуть пламя нужно увеличить расход газа ручкой 1 на панели прибора или перевести колесо регулятора 4 в режим наибольшего обогащения газа парами углеводорода.

После работы отсоединить шланг от штуцера.

Периодически восстанавливать уровень электролита, доливая дистиллированную воду. При срабатывании датчика уровня долить 300-450 мл дистиллированной воды. Для этого необходимо:

- включить установку из сети;

- набрать в шприц до 150 мл воды,

- вывинтить пробку 7 на заднем окне, в отверстие вставить трубку со шприцем на конце на глубину около 350 мм,

- постепенно вынимая трубку из аппарата, заправить воду равномерно по всей длине. Через 10–15 мин уровень электролита должен установиться приблизительно на 10–15 мм ниже заливного отверстия. После этого завернуть пробку обратно.

Электролитом служит раствор едкого калия. При приготовлении электролита 100 гр *КОН* добавлять в 1 л воды небольшими порциями и помешивать, избегая перегрева раствора.

Порядок выполнения работы

Содержание работы связано с изготовлением фрагмента филигранного узора. Для этого студенту необходимо предварительно нарисовать эскиз небольшого фрагмента филигранного орнамента, состоящего из 4–5 элементов.

1. Изготовить спаиваемые изделия методом прокатки и волочения
2. Нарезать отдельные фрагменты изделия и подготовить к сборке.
3. Подготовить флюсы для пайки.
4. Подготовить припой для пайки заданных материалов.
5. Отрегулировать пламя газовой горелки.
6. Спаять фрагменты филигранного изделия.
7. Очистить и отбелить полученное изделие.

Технология пайки

Операция пайки выполняется в следующей последовательности:

1. Обезжирить заготовку шинки и припоя в растворе, нагретом до 60–80 °С, в течение 3–5 мин.
2. Промыть заготовку в проточной воде в течение 1–2 мин.
3. Сушить заготовку.
4. Приготовить флюс засыпав 20 г буры и 20 г борной кислоты в 200 мм воды, довести до кипения и охладить.
5. Погрузить заготовку и припой в раствор флюса или отфлюсовать и нагреть стык до высыхания флюса.
6. Припасовать стык, обеспечив зазор при пайке 0,05-0,3мм.
7. Разогреть место пайки пламенем горелки.
8. Уложить пинцетом припой на место пайки.
9. Расплавить припой и припаять детали.
10. Опилить место пайки.
11. Отбелить изделие в 10%-ом растворе серной кислоты в течение 3–5 мин при температуре 60–70 °С.
9. Промыть изделие в проточной воде.
10. Сушить изделие.

Таблица 14.1 - Рекомендуемые припои и флюсы пайки меди и сплавов

Флюсы	Припои
ФК-235, ФК-250	П-14, МЦФЖ, ПМЦ 36
ПВ-209	МФ1, МФ7, П-81, П-21
Бура, борная кислота	ПСр45, ПСр 72

Контрольные вопросы

1. Как установить необходимый температурный режим факела при пайке?
2. Назначение флюсов? Как изготовить флюс для пайки?
3. Разновидности схем соединения деталей при пайке?
4. Каково химическое действие флюсов?
5. Как обозначаются припои по ГОСТу и каков их химический состав?
6. Назначение отбеливания изделия после пайки?

15. Технология закрепления ювелирных камней

Цель работы: изучить технологию закрепки вставок в ювелирное изделие, освоить навыки работы с режущими инструментами на операциях закрепки вставок.

Приспособления и инструменты: микроскоп, ручные деревянные тисочки, бормашинка, боры, сверла, свеча парафиновая, разметочный циркуль, штихели – боллштихель, флахштихель, мессерштихель, юстировочный штихель, давчик, щетка зубная.

Материалы: пластина или кольцо, изготовленное из легкоплавкого металла; паста китт (смесь канифоли с молотым мелом), спирт технический.

Краткие теоретические сведения и методические указания

Закрепкой вставки называется операция закрепления камня в *оправу (каст)* или гнездо ювелирного изделия. К качеству закрепки предъявляют ряд требований, среди которых главным является надежность фиксации. Различают три основных вида закрепки вставок: *глухую, крапановую и корнеровую* (называемую также *фадан-гризантной* от слова гризант – зерно). Для каждого вида закрепки используют соответствующие виды штихелей для резки металла. Применяют также инструменты для пластического деформирования металла *киттштоки, корневертки, корнезеры, полировники, накатники – мелиграфы.*

Давчик – это инструмент для обжатия металла, закатки и вдавливания. Давчики делятся по виду закрепки (крапановая, глухая, корнеровая). Корнеровые давчики изготавливаются из меди. Давчиками обжимают вставки овальной, прямоугольной и многоугольной форм (кроме круглой). Для этого вида закрепки применяют давчики с круглой формой рабочей части, а также сапожковые, имеющие изогнутую рабочую часть.

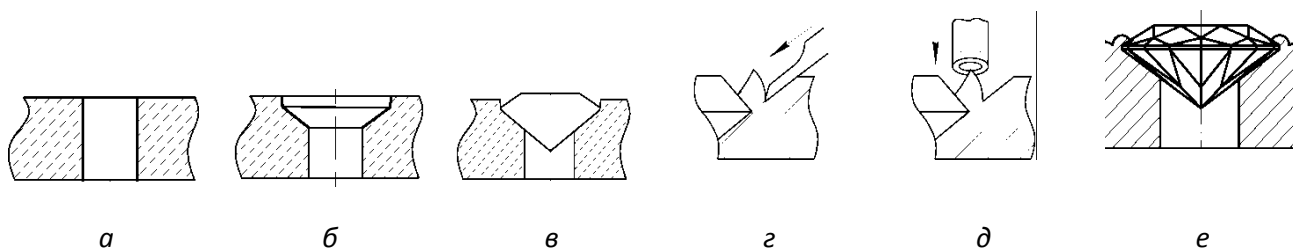
Корневертка представляет собой стальной стержень с круглым поперечным сечением, снабженный шаровидной деревянной ручкой. На рабочем торце корневертки имеется сферическая выемка, предназначенная для образования корнера. Корневертки могут иметь диаметр сферической выемки от 0,2 до 1,5 мм, а глубина выемок составляет примерно 1/3 диаметра.

Корнезеры подобны корневерткам, отличаясь тем, что рабочая часть выемки имеет вид желобка. Они предназначены для нанесения гризантной насечки – зернистой линии при глухой закрежке камней.

Сущность корнеровой заделки заключается в том, что фиксация камня в металлической оправе производится *корнером* – металлом поднятым с помощью штихеля и прижатого вплотную к камню по всему периметру. Корнер представляет собой корень стружки небольшой длины, образованный при неполном ее срезании с основного металла. Вставки устанавливаются в подготовленное сквозное гнездо. Поэтому этот вид заделки может применяться для вставки прозрачных ювелирных камней. Этот вид заделки целесообразно использовать для изделий с большим числом камней, т.к. сочетание многочисленных камней и узоров, образованных гравированием на боковой поверхности каста, позволяет создать впечатление слияния камней в узор. Корнеровая заделка является самым сложным видом заделки по трудоемкости выполняемых работ. Технология заделки включает в себя подготовку гнезда под вставку, подгонку гнезда под размер и форму камня, обработку поверхности каста резанием с помощью штихелей для придания изделию эстетичного вида, а также закрепления вставки в изделие.

Подготовка гнезда под вставку предусматривает (рисунок 15.1):

1) сверление отверстия в сплошном материале или рассверливания имеющегося в изделии отверстия ;



а — сверление; б — зенкование и фрезерование отверстия; в — вставка камня; г — образование корнера; д — формирование сферической головки; е — отделка поверхности

Рисунок 15.1- Переходы операции заделки камней в оправу корнерами

2) фрезерования коническим бором конуса, подобранного по углу шипа камня;

3) фрезерование посадочного пояса по диаметру рундиста вставки на такую глубину, при которой рундист находится ниже поверхности закрепочной площадки;

4) вставку камня т.е. подгонку камня в оправу (при необходимости) *юстировочным* штихелем;

5) постановку корнера, т.е. смещение корня стружки – *штриха* (лепестка), который затем с помощью корневертки пластически деформируют в форму шарика, удерживающего камень. Штрих

образуется боллштихелем – радиусным штихелем с закругленным лезвием, а затем подвигается к камню;

6) разделку металла вокруг гнезда камня, т.е. создания сети узоров резанием. Для этого узким флашштихелем (плоским штихелем) или мессерштихелем выбирают металл между корнерами, подрезают узор вокруг корнеров;

7) установку вставки в гнездо, дожатие корнеров, окончательное придание шарообразной формы с помощью корневертки;

4) накатку узкого пояска каста путем нанесения *гризанта*.

Для камней, имеющих некруглые формы (квадратные, прямоугольные, овальные), посадочное гнездо для вставки образуют с помощью штихелей и фрез. Для овальных камней высверливается два отверстия, расположенные рядом, после чего вырезают металл между этими отверстиями.

Крапановую закрепку камней выполняют с помощью давчика последовательным обжатием с противоположных сторон, как это показано на рисунок 15.2. Предварительно размер посадочного места под вставку следует подготовить штихелем или бором при помощи бормашинки.

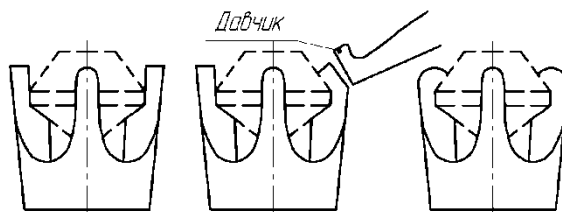


Рисунок 15.2 - Переходы закрепки камней крапанами

Порядок выполнения работы

1. Протереть поверхность каста.
2. Установить кольцо в тисочках.
3. Предварительно подержать поверхность над пламенем восковой свечи для образования тонкой восковой пленки. Уложить на поверхности каста вставки и выбрать места их наилучшего расположения, учитывая размеры, формы, цвет камней с позиции дизайна
4. Снять вставки с изделия и тщательно протереть поверхность от воскового налета. Произвести разметку площадки каста с заданными размерами вставки с помощью разметочного циркуля.
5. Произвести подготовку гнезда под вставку, используя бормашинку, сверла и боры.
6. Впосовать вставку в гнездо.

7. Образовать штрихи вокруг вставки боллштихелем.
8. «Резать федан» (образовать узор) вокруг вставки.
9. Установить вставку в гнездо.
10. Дожать корнеры давчиками и корневерткой.
11. Произвести осмотр изделия на качество закрепки.
12. Протереть изделие.

Контрольные вопросы

1. Какие инструменты применяют для закрепки камней?
2. Как зависит способ закрепки от формы вставок?
3. Каков порядок корнеровой закрепки?
4. Разновидности корнеровой закрепки.
5. Порядок выполнения корнеровой закрепки.

16. Изготовление пустотелого шарика из листового материала

Цель работы: изучить технологию изготовления пустотелого изделия из листового материала.

Приспособления и инструменты: анки и пунзеля, штамповая оснастка для вырубки пластины, газовый паяльный аппарат.

Материалы: пластина из латуни Л90, припой.

Краткие методические указания.

Изготовление пустотелых деталей (шариков, цилиндров, трубок, фасонных браслетов, колец и т.д.) является наиболее предпочтительным способом, а иногда и единственно приемлемым. Такой способ позволяет существенно снизить материалоемкость изделий.

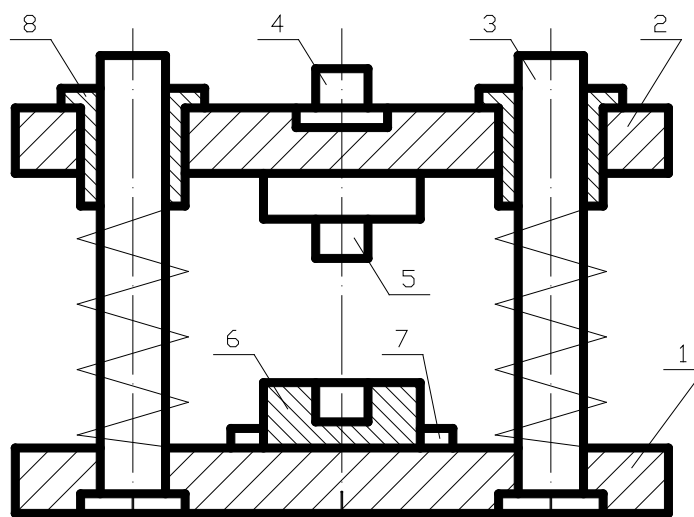
Изготовить пустотелые детали можно тремя методами: литьем, штамповкой, гальваническим осаждением металла. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Штамповка из листового материала на формообразующих операциях позволяет получить изделия из тонколистового материала. В этом случае прибегают к штамповке отдельных незамкнутых элементов, которые затем соединяются пайкой или сваркой или пайкой по контуру. Так изготавливают, например, пустотелые шарики, составленные из двух полусфер, получаемые штамповкой.

Штампы для листовой штамповки классифицируют по видам операций, по принципу действия; по универсальности применения и по степени механизации. По видам операций они делятся на штампы для разделительных операций, формоизменяющих операций, и сборочных операций. По универсальности применения различают специальные и универсальные штампы.

По доступности в зон совмещения пуансона и матрицы штампы делятся на открытые и закрытые. В закрытых штампах конструкцией предотвращается попадание рук рабочего в рабочую зону. По степени механизации подачи заготовок в рабочую зону и удаления отходов они делятся на автоматические, механические и ручные.

Основными рабочими инструментами при холодной штамповке являются пуансон и матрица. Размеры пуансонов и матриц определяются расчетами.

Крепление матриц и пуансонов производят либо непосредственно к верхней и нижней плитам, либо с помощью пуансоно- или матрицедержателей штифтами и винтами. Матрицы небольшого размера запрессовывают в державки, которые закрепляются к нижней плите крепежными винтами.



1 - нижняя плита, 5 – пуансон, 2 - верхняя плита, 6 – матрица,
3 - направляющие колонки, 4 – хвостовик, 7 – матрицедержатель,
8 – направляющие втулки
Рисунок 16.1 - Схема штампа

К формообразующим операциям относятся: гибка, скручивание, вытяжка, вытяжка с утонением. Гибкой достигается изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы. Вытяжка – образование полрой детали из плоской заготовки. Вытяжка с утонением предусматривает вытяжку материала с заданным утонением стенки.

Требования к материалам при формовке определяются механическими свойствами материала так, чтобы $\sigma_T/\sigma_B < 0,65$; относительное удлинение $\delta > (20-28) \%$ и твердость HB < 65.

При гибке форму заготовки определяют путем развертки элементов детали на плоскости, а ее размеры определяют суммированием длин прямолинейных и криволинейных участков. При вытяжке осесимметричных деталей заготовкой является круг, площадь которого равна площади поверхности детали с учетом площади отходов. Расчет производят по средней линии толщины детали. Технологические требования элементов детали при гибке должны удовлетворять условию $R > S$, $r > 3S$, $b > 2S$, где S – толщина материала, r и R – радиус изгиба, b – ширина боковой части.

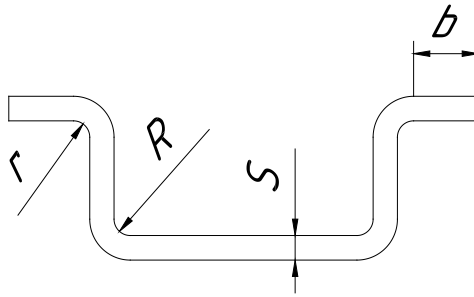
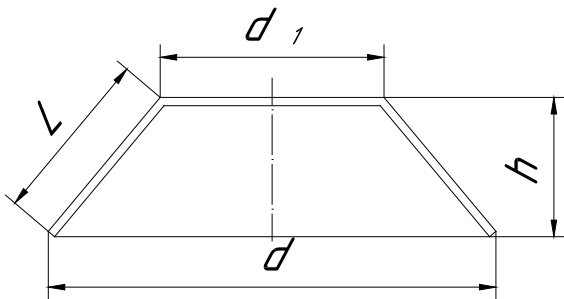


Рисунок 16.2 - Поперечный профиль штампованной заготовки

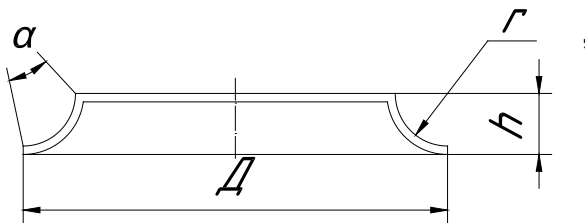
Площади поверхности для фигур рассчитывается приближенно по следующим формулам:

- для усеченного конуса:



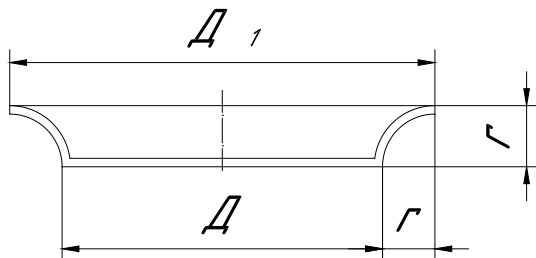
$$F = \frac{\pi L}{2}(d + d_1)$$

- для выгнутого сферического кольца: $F = (DL - 2rh)$



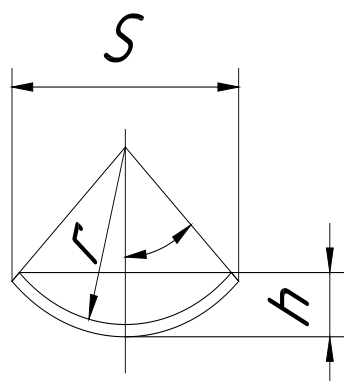
где $L = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0,017r\alpha$

- для четверти сферического кольца:



$$F = \pi/r (\pi D r + 2,28r^2) \text{ или } F = \pi/4(2\pi D_1 \cdot r - 8r^2)$$

- для шарового сегмента: $F = 2\pi r h$



Для других фигур площади фигур определяются по справочной литературе.

Изготовление полых деталей из плоских листов производят многократной вытяжкой. Число переходов, в этом случае определяется коэффициентом вытяжки равным

$$m = d / D,$$

где d и D – соответственно диаметры детали и заготовки.

Для вытяжки из ленты коэффициент вытяжки принимается из справочных таблиц. Его значение можно принять для различных чисел переходов по таблице, приведенной ниже.

Переходы	1	2	3	4	5
m	0,68- 0,72	0,82	0,85	0,9	0,9

Полное усилие, необходимое для вытяжки равно

$$P_{пр} = P + Q,$$

где $Q = F \cdot q$ – усилие прижима;

F – площадь заготовки, находящейся под прижимом, мм^2 ;

q – удельное давление прижима для латуни $q = 0,15-0,2$ кГс/мм^2 ; алюминия $0,08-0,12$; меди $0,15-0,2$ ($\sigma_B = 30$ кГс/мм^2);

$\sigma_{ср}$ - сопротивление материала резанию равно $\sigma_{ср} = (0,8 \div 0,85) \sigma_B$.

Штамповка деталей с П-образным профилем из плоских заготовок является одним из широко применяемых видов деформации.

К формовочным операциям относятся: правка, чеканка, рельефная формовка отбортовка, формовка, обжим и раздача.

Правка применяется для устранения искажения формы заготовки, образованной после предыдущей операции холодной штамповки.

Рельефной формовкой является операция получения местных

углублений и выпуклостей в листовом материале. Предельная глубина при рельефной ормовке определяется по формуле

$$H = B S / (S + 2,5) ,$$

где B – ширина ребра, S – толщина материала, мм.

Отбортовкой называется операция получения бортов по контуру заготовки. Закатка – процесс образования закругленных бортов на краях заготовки. Раздача и обжим – соответственно увеличение или уменьшение периметра поперечного сечения полой заготовки. Чеканка представляет процесс образования рельефных изображений на материале.

В данной работе приведен расчет штамповки полусферы, представленной на рисунке 16.3.

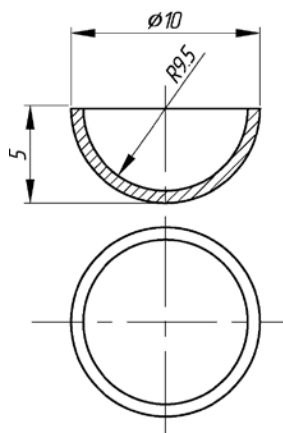


Рисунок 16.3 – Эскиз полусферы для изготовления пустотелого шарика

Для вырубki заготовок необходимо выбрать наиболее рациональную схему раскроя – т.е. экономичное расположения заготовок на листовом материале, а также произвести расчет размеров ленточного или полосового материала.

Диаметр круглой заготовки следует рассчитать по формуле

$$D = 1,41 d_{cp} = 1,41 \cdot 9,75 = 13,65 \text{ мм},$$

где d_{cp} - диаметр вытянутой детали по средней линии.

Применение ленты экономически более выгодно при массовом производстве, а полосы - при мелкосерийном или единичном производстве. Варианты расположения при различных вариантах раскроя приведены на рисунке 16.4.

Оценку экономичности применения той или иной схемы ведут по коэффициенту использования металла (раскроя), представляющего собой отношение суммарной площади заготовок к площади полосы (ленты), занятой под их расположение

$$K_{\text{инт}} = \frac{fn}{LB} 100\%$$

где f - площадь детали без отверстий, n - количество фактических деталей L и B - соответственно длина и ширина ленты (полосы).

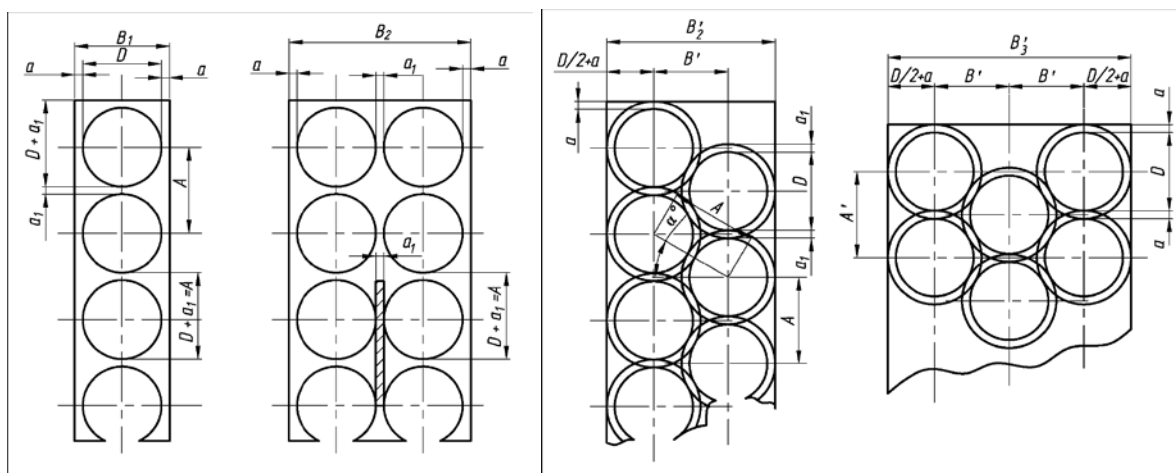


Рисунок 16.4 - Схема раскроя на листовом материале

Ширина ленты при однорядной схеме раскроя зависит от величина перемычек. Малая перемычка не обеспечит жесткость ленты (полосы) при перемещении ее в штампе, а большая величина ведет к увеличению отходов металла. Рекомендуемая величина перемычек может быть найдена по справочнику или (упрощенно) в частях от толщины материала (таблица 16.1).

Таблица 16.1 - Величина перемычек при раскрое листовых материалов

Толщина, мм	Величина перемычки (a_1) между деталями, мм	Величина перемычки (a) по краю ленты (полосы), мм
0,3	(4,0-5,0)	(5,0-6,0)
1,0	(1,2-2,0)	(1,5-2,2)

Для расчетного примера величина перемычек составит $a_1 = 1,25$ мм; $a = 1,5$ мм. Тогда ширина ленты (полосы) определится по формуле

$$B = D + 2a = 13,65 + 3 = 16,65 \text{ мм.}$$

Схема раскроя для рассматриваемого случая приведена на рисунке 16.5.

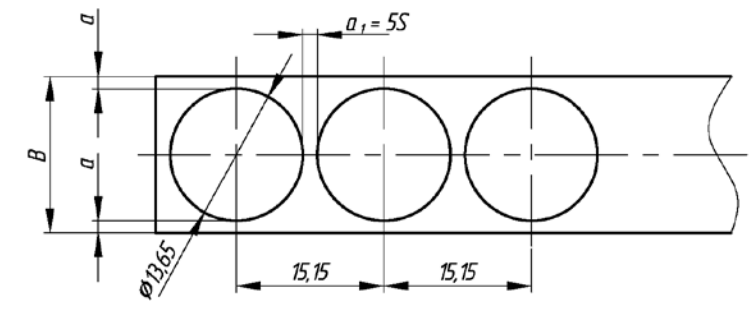


Рисунок 16.5 – Схема раскроя на ленте

Усилие вырубki по контуру можно определить по формуле

$$P_{\text{выр}} = k L S \sigma_{\text{ср}},$$

где $k = 1,1-1,3$ – коэффициент, учитывающий условия резки, L – периметр контура, S – толщина материала, $\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу.

Значения $\sigma_{\text{ср}}$ выбирают по справочнику или из табл. 16.2.

В нашем случае $D < 50S$, следовательно деталь можно отнести к средней, тогда при зазоре между матрицей и пуансоном $z = 0,15S$ сопротивление срезу равно $\sigma_{\text{ср}} \approx 0,7\sigma_{\text{в}}$.

Для латуни $\sigma_{\text{в}} = 250$ МПа, а сопротивление срезу составит $\sigma_{\text{ср}} \approx 175$ МПа. Усилие вырубki будет равно

$$P_{\text{выр}} = 1,3 \cdot 3,14 \cdot 13,65 \cdot 0,25 \cdot 250 = 3482,5 \text{ Н.}$$

Вытяжку полусферы произведем с использованием анки и пунзелей.

Определим усилие вытяжки по формуле

$$P_B = k_{\text{в}} L S \sigma_{\text{в}},$$

где $k_{\text{в}}$ – коэффициент, зависящий от коэффициента вытяжки m и относительной толщины заготовки A (таблица 16.3), L – периметр контура, S – толщина материала, $\sigma_{\text{в}}$ – временное сопротивление разрыву (предел прочности).

Таблица 16.2 – Значения σ_{cp} для различных случаев штамповки

Операция штамповки		Усредненные значения	
		при $= 0,15S$	при $=0,005S$
Вырубка	Крупные детали $D < 1000S$	$0,6 \sigma_{\epsilon}$	$0,65 \sigma_{\epsilon}$
	Средние детали $D < 50S$	$0,7 \sigma_{\epsilon}$	$0,8 \sigma_{\epsilon}$
	Мелкие детали $D = (5-10)S$	$0,8 \sigma_{\epsilon}$	$(1,0-1,2) \sigma_{\epsilon}$
Пробивка	Отверстий $D < (2,5-5)S$	σ_{ϵ}	$(1,5-1,8) \sigma_{\epsilon}$
	Отверстие $D \approx (1,5-2)S$	$(1,2-1,4) \sigma_{\epsilon}$	$(2,0-2,6) \sigma_{\epsilon}$
	Отверстие $D = S$	$1,8 \sigma_{\epsilon}$	$3,6 \sigma_{\epsilon}$

Таблица 16.3 - Значения коэффициента k_{ϵ}

Относительная толщина $A = (S/D) 100$	Коэффициент $M = D/D$								
	0,45	0,48	0,50	0,52	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
5,0	0,95	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	0,43	0,35	0,30
2,0	1,10	1,00	0,90	0,80	0,75	0,60	0,50	0,42	0,35
1,2	-	1,10	1,0	0,90	0,80	0,68	0,56	0,47	0,37
0,8	-	-	1,10	1,0	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40

Расчет $A = (S/D) 100 = 1,83$ и $m = d/D = 0,73$, найдем коэффициент $k_{\epsilon} = 0,33$.

Порядок выполнения работы

1. Разработать чертеж детали, получаемой вырубкой. Установить допуски на размеры по справочным данным.
2. Определить число переходов (операций) для получения детали из исходной листовой заготовки.
3. Начертить операционные эскизы для каждой операции (перехода) с указанием технологических баз и размеров, получаемых на данной операции.
4. Рассчитать рабочие размеры пуансона.
5. Определить рабочие размеры матрицы с учетом зазора, допусков и припусков.
6. Установить конструктивные размеры рабочих инструментов.
7. Составить эскиз штампа для вырубki детали по контуру.

8. Рассчитать коэффициент вытяжки m для заготовок различного диаметра.
9. Определить усилие вытяжки.
10. Изучить влияние коэффициента вытяжки m для заготовок различной толщины.
11. Определить размер исходной заготовки, полученной вырубкой.
12. Определить число переходов вытяжки.
13. Выполнить вырубку и штамповку полусфер и спаять их.

Контрольные вопросы

1. Какими способами можно изготовить пустотелые изделия?
2. Как определить наиболее рациональную схему раскроя?
3. Основные этапы технологии изготовления пустотелого шарика.
4. От каких факторов зависят рабочие размеры инструментов при штамповке?
5. Как определить величину зазора между матрицей и пуансоном?
6. Назовите методы определения размеров рабочих инструментов. Чем они отличаются друг от друга?
7. Каким образом производится крепление рабочих инструментов в штампе?

17. Технология изготовления серьги-кольца

Цель работы: изучить технологию изготовления пустотелой серьги-кольца из листового материала.

Приспособления и инструменты: прокатные вальцы, волочильная доска, ножницы, штангенциркуль, клещи, газовый паяльный аппарат, напильник.

Материалы: пластина из латуни Л90, припой.

Краткие методические указания.

Одним из разновидностей ювелирных украшений являются серьги, выполненные в виде пустотелых колец. Для изготовления такого изделия необходимо получить заготовку в виде трубки, которую затем необходимо свернуть в кольцо. Изготовление пустотелой заготовки в виде трубки–кольца состоит из нескольких этапов последовательных технологических операций и содержит (рисунок 17.1):

- 1) получение полосы из листового материала требуемой длины и ширины;
- 2) пайки стержня к полосе;
- 3) скругления полосы в трубку;
- 4) пайки стыка трубки.

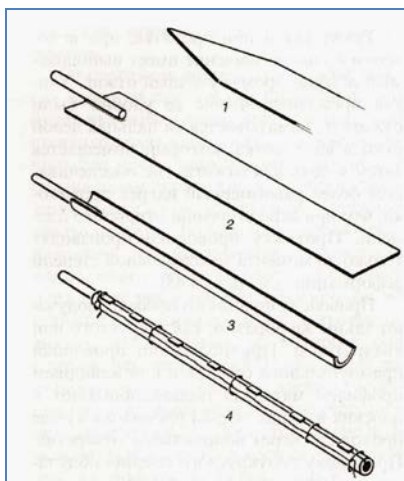


Рисунок 17. 1 – Этапы изготовления трубчатой заготовки

Ширина полосы должна соответствовать длине окружности среднего диаметра трубки $d_{\text{ср}}$, которая рассчитывается по формуле

$$d_{\text{ср}} = (d_{\text{в}} + s) \pi,$$

где $d_{\text{в}}$ – внутренний диаметр трубки, s – толщина полосы.

Однако полосу делают несколько шире, чтобы трубку можно было протянуть несколько раз через отверстия волочильной доски и придать ей необходимый размер, цилиндричность формы и гладкость поверхности.

Длина полосы для скругления трубки в кольцо рассчитывается по длине среднего диаметра D_k кольца

$$D_k = 2\pi R_{\text{ср}},$$

где $R_{\text{ср}}$ – средний диаметр кольца–трубки.

Конец полосы можно заострить.

Полученную заготовку выгибают в продольном направлении для того, чтобы получить полосу желобчатой формы либо в ручьях прокатных вальцов, либо на плите с желобчатыми канавками. После отжига к полосе припаивают проволоку диаметром d_v и протягивают через фильеру. Волочение выполняют в нескольких отверстиях волочильной доски, пока не будет получено смыкание кромки и достигнут требуемый диаметр трубки. Для облегчения волочения в трубку можно заложить проволоку требуемого размера. При волочении не рекомендуется смазывать трубку воском или смазочным материалом, так как это затруднит дальнейшую пайку шва. После волочения трубки вставленную проволоку следует вытянуть.

Чтобы шов не разошелся во время нагревания, трубку обматывают проволокой в нескольких местах. После пайки трубку следует отбелить в растворе отбела, а шов зачистить надфилем или напильником и шлифовать (или отполировать).

Гибка трубки в кольцо представляет некоторую сложность, так как при этом могут образовываться надломы и загибы. Гибку производят на ригеле, расположив шов во внутрь кольца. Диаметр ригеля должен быть несколько меньше требуемого из-за упругого отжатия кольца после деформации. При гибке заготовок из драгоценных металлов, в трубку вставляют стержень из недорогих металлов, который затем вытравливают кислотой. При гибке трубки из недорогих металлов стержнем может служить пластмассовая трубка или стержень, который затем можно выплавить. В качестве наполнителя во внутреннюю полость трубки можно засыпать мелкодисперсный порошок и запаять свободный конец трубки. После гибки конец распаивается и порошок высыпает из трубки. Более прогрессивным способом является гибка в трубогибном устройстве.

Порядок выполнения работы

1. Получить заготовку в виде слитка или толстой проволоки. Измерить первоначальную толщину заготовки.
2. Вальцевать заготовку до толщины 0,4–0,5 мм с промежуточными отжигами между 2–3 переходами.
3. Разметить полосу на требуемую ширину и длину, рассчитав по приведенным формулам.
4. Отрезать ножницами полосу по разметке.
5. Отрезать проволоку требуемого сечения длиной 15–20 мм.
6. Вальцевать полосу по длине между ручьями валков для образования продольного желоба.
7. Припаять к полосе проволоку на длину 5 мм.
8. Скруглить полосу в трубку на коротком участке с припаянной проволокой.
9. Установить в тисках волочильную доску и предварительно протянуть полученную заготовку для формирования трубки по всей длине, приложив к полосе пластмассовый стержень.
10. Повторить волочение до достижения требуемого диаметра трубки.
11. Обмотать трубку тонкой проволокой в нескольких местах.
12. Обработать стык флюсом, уложить припой и спаять его.
13. Зачистить надфилем и шлифовать шов трубки
14. Согнуть трубку в кольцо на рассчитанный диаметр швом вовнутрь на ригеле.
15. Извлечь (выплавить) пластмассовый стержень из трубки.
16. Протравить кольцо в 10% растворе серной кислоты в течение 3–5 мин.
17. Промыть в проточной воде и просушить изделие.
18. Произвести внешний осмотр изделия и контроль размеров.

Требования техники безопасности при выполнении работ

Техника безопасности при выполнении работ при вальцовке и волочении

1. Работу выполнять только после предварительного инструктажа преподавателем или инженером по эксплуатации необходимого оборудования и использованию материалов.

2. Не допускается установка для прокатки не предусмотренных данной работой образцов и материалов (закаленных стальных деталей и инструментов, образцов с окалиной, материалов с остатками флюсов).

3. Категорически запрещается одновременная работа на вальцах двумя лицами в целях исключения травм.

4. Во избежание получения травм следует соблюдать требования безопасности работы на вальцах при близком расположении пальцев рук.

5. При осуществлении операции отжига образцов паяльной лампой необходимо соблюдать меры безопасности при работе с огнеопасными материалами.

6. Запрещается работа на вальцах в отсутствие инженера или преподавателя.

7. Запрещается сопровождать заготовку руками вплоть до валков, на ходу исправлять перекосившуюся заготовку.

8. Рукава халата должны быть плотно застегнуты или закатаны.

Не разрешается пользоваться рукой как направляющей или пропускать через нее заготовку с острыми ребрами.

Техника безопасности при работе с бензиновой горелкой

1. Бензиновый паяльный аппарат разместить на некотором удалении от рабочего пространства стола. Убедиться в правильности подключения шлангов.

2. Во избежание ожогов рук не прикасаться к разогретым и спаянным изделиям без их предварительного охлаждения.

3. Соблюдать правила безопасности при работе с химическими веществами, предназначенными для пайки.

4. Запрещается направлять пламя газовой горелки на огнеопасные предметы, а также на одежду и руки.

5. Во избежание возможности возгорания огнеопасных предметов рабочая часть стола должна быть защищена металлическими или асбестовыми листами или огнеупорными материалами и ограждениями.

6. Воспламенение газового пламени горелки осуществлять только электрозажигалкой.

7. При засорении клапана бачка или горелки подкачку воздуха прекратить.

8. В случае непредвиденного воспламенения предметов пользоваться огнетушителем.

9. При работе пользоваться защитными очками.

10. Операции обжига и отбеливания производить в вытяжных шкафах.

Техника безопасности при гальванических работах

1. К выполнению операций по декоративной обработке допускаются лица, прошедшие соответствующий инструктаж.

2. Работу производить только в спецодежде и с использованием индивидуальных средств защиты: очков, резиновых перчаток, фартуков.

3. На рабочих местах соблюдать чистоту.

4. Наличие и исправность приточно-вытяжной вентиляции.

5. Тару с кислотами держать закрытой, в специально отведенных для этого шкафчиках.

6. Принимать пищу и курить на рабочем месте запрещается.

7. При попадании на тело кислот незамедлительно смыть водой и обратиться к врачу.

Техника безопасности при шлифовально-полировальных работах

1. Работу производить только на исправном оборудовании и исправными инструментами.

2. Работать в спецодежде с использованием средств индивидуальной защиты: очков и линз.

3. Во избежание ожога рук не допускать сильного нагрева изделия.

4. При полировании изделия держать его острыми краями по ходу вращения круга.

5. Полируемые поверхности изделия расположить относительно круга так, чтобы изделие не подхватывалось кругом.

6. Работать с включенной приточно-вытяжной вентиляцией.

7. Не производить работы по установке полировальников и шлифшкурков на вращающихся частях оборудования.

Техника безопасности при закреплке вставок

1. Работать с заостренными инструментами, обязательно имеющими рукоятки.
2. Заточку инструментов производить, пользуясь защитным экраном или очками.
3. Не прикасаться руками к вращающимся частям бормашинки.
4. Работать при наличии бинокулярных очков.

Л и т е р а т у р а

1. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела / Эдхарт Бреполь, – СПб.: Соло, 2000. – 528 с.
2. Комягин Ю.П., Учебник ювелира-монтажника: Учебное пособие для ПТУ / Ю.П. Комягин, В.П. Новиков – Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1986. – 304 с.
3. Короткевич В.Г. Проектирование инструмента для пластического деформирования: Учебник / В.Г. Короткевич. Под ред.С.Б.Сарело. – Мн.: Высшая школа, 2000. –383 с.
4. Луговой В.П. Технология ювелирного производства / В.П. Луговой Мн., «Новые знания», 2012г. - 525с.
5. Сидельников С.Б. Технология производства ювелирных изделий: Лабораторный практикум / С.Б. Сидельников [и др.], - Красноярск; Сибирский федеральный университет, 2008. -100с.
6. Сидельников С.Б. и др. Технология производства ювелирных изделий: Учебное пособие для практических занятий / С.Б. Сидельников [и др.], - Красноярск, Сибирский федеральный университет, 2008. -100с.
7. Новиков В.П. Книга начинающего ювелира / В.П. Новиков – СПб.: Политехника, 2001. – 416 с.
8. Соколов М.В. Художественная обработка металла. Азы филигрании: Учеб. пособие для студ. высших учебных заведений / М.В. Соколов – М.: Гуманит.изд.центр "ВЛАДОС", 2003. – 144 с.
9. Телесов М.С., Ветров А.В. Изготовление и ремонт ювелирных изделий / М.С. Телесов, А.В. Ветров – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 192 с.