



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технологии формообразования и художественная  
обработка материалов»

## **Учебное пособие**

по дисциплине «Технология художественной  
обработки металлов»

# **«Художественная обработка металлов давлением»**

Авторы

Баклаг Г.Н., Гунин А.В., Ефремова Е.А.,  
Пасхалов А.С., Клюка А.В.

Ростов-на-Дону, 2015

## Аннотация

Настоящее учебное пособие является кратким изложением материала по курсу «Технология художественной обработки металлов». Разработано на основе имеющейся литературы и накопленного опыта в области художественной обработки металлов давлением. В учебном пособии рассмотрены вопросы истории возникновения различных направлений художественной обработки металлов давлением. Описаны металлы и сплавы, подлежащие художественной обработке давлением. Рассмотрены основные виды художественной обработки металлов давлением. Уделено особое внимание ручной производственной и промышленной ковке, художественной обработке листового металла, а так же филигранному производству.

Предназначено для студентов очной и заочной формы обучения по направлению 15.03.01 «Машиностроение» профиль «Информационные технологии обработки металлов давлением».



## Авторы



к.т.н., доцент  
Баклаг Г.Н.,



доцент  
Гунин А.В.,



к.т.н., доцент  
Ефремова Е.А.,



к.т.н., доцент  
Пасхалов А.С.,



к.т.н., доцент  
Клюка А.В.



## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Теоретические основы обработки металлов давлением .....</b>	<b>8</b>
1.1 Кристаллическое строение металлов .....	10
Типы кристаллических решеток технических металлов .....	11
1.2 Особенности строения металлических сплавов .....	12
1.3 Влияние механических схем на пластическую деформацию .....	16
<b>2. Металлы и сплавы, подлежащие обработке давлением .....</b>	<b>18</b>
2.1 Черные металлы .....	20
2.2. Цветные металлы и сплавы .....	23
2.3. Драгоценные металлы .....	24
<b>3. Виды художественной обработки металлов давлением .....</b>	<b>26</b>
3.1 Художественная ковка .....	27
3.2. Дифовка .....	32
3.3. Чеканка .....	35
3.4. Металлопластика .....	41
3.5. Басма .....	43
3.6. Тауширование .....	44
<b>4. Ручная художественная ковка .....</b>	<b>49</b>
4.1 Понятия технологического процесса, операций и приемов ковки .....	49
4.2 Оборудование, инструмент и приспособления для художественной ручной ковки .....	54
4.3 Нагрев металлов. Виды и конструкции горнов .....	62
<b>5. Технологический процесс дифовки .....</b>	<b>69</b>
<b>6. Технологический процесс металлопластики .....</b>	<b>75</b>
<b>7. Технологический процесс чеканки .....</b>	<b>78</b>
<b>8. Технологический процесс филигранни .....</b>	<b>82</b>
8.1 Технологические основы процесса .....	82



Художественная обработка металлов давлением

8.2 Элементы ажурной и фоновой филигрانی .....	85
8.3. Основные операции, заготовка и набор скани .....	87
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>91</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Металл является одним из наиболее древних материалов, который человечество открыло, и начало широко использовать. На первых порах это были самородные металлы - золото, серебро и медь. Метеоритное железо стало применяться с IV тысячелетия до н. э. Добыча и обработка железной руды относятся ко II тысячелетию до н. э. Холодную обработку металлов дополнили горячая ковка и литьё, правда, для этого человечеству потребовалось не одно тысячелетие. Из всех металлов наибольшее применение получило железо. Знания и опыт в области обработки железных руд стали мерилем богатства и военной мощи.

Среди произведений декоративно-прикладного искусства большое и почетное место занимают изделия из металла, полученных обработкой давлением.

Три этапа создания художественных произведений из металла можно представить следующим образом.

Проектирование будущего изделия, исходя из его назначения, содержания, композицией, выбора способа обработки и технологии.

Воплощение замысла в металле, Создание авторского образца с использованием ручных приемов обработки металлов давлением.

Организация мелкосерийного или массового производства с использованием машинных способов.

Металлы и способы их обработки – это средства самовыражения художника. Специфика художника – инженера, это тонко продуманная технология его обработки. Довести металл до пластического состояния и изменить форму металлического объекта возможно при передаче на него давления при использовании разнообразного технологического инструмента и не менее обширного сочетания операций его обработки. Получение изделия строится на сути и красоте материала. Для получения такого эффекта необходимо в совершенстве изучить материал и освоить технику его обработки. Необходимо извлечь из материала присущую ему выразительность и декоративность.

Для решения художественно-композиционных задач необходимо глубокое изучение и понимание свойств материала, и использование их в различных приемах.

Материал и технология его обработки должна явиться

## Художественная обработка металлов давлением

основой художественного произведения и базироваться на народном искусстве прошлого.

В настоящее учебное пособие включены различные технологии ручной художественной обработки металлов давлением, с учетом их значимости в истории развития цивилизации и в современных условиях. Уделено внимание металлам и сплавам, подлежащим обработке давлением. Рассмотрены виды художественной обработки – ковка, филигранное производство, дифовка, чеканка, металлопластика, басма, выколотка, тауширование.

Высокого качества работы необходимо добиваться не только за счет ручных операций, но также умело применяя механизированные приемы, облегчающие, ускоряющие и заменяющие ручной труд.

Цель настоящей дисциплины – овладение методами и технологиями художественной обработки металлов давлением.

Задачи дисциплины – приобретение практических навыков художественнойковки, дифовки, чеканки, металлопластики, филиграни, с возможностью выхода на тиражирование и осуществление серийного выпуска изделий.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

При приложении к телу внешних сил происходит изменение его формы и размеров, что сопровождается изменением расстояния между отдельными материальными точками, составляющих данное тело, то есть происходит его деформация /1/.

Если деформация, вызванная внешними силами, не исчезает при прекращении действия внешних сил и твердое тело не полностью восстанавливает свои форму и размеры, то такую деформацию называют пластической или остаточной. Такая деформация происходит без разрушения тела в целом или отдельных его участков, то есть без нарушения сплошности.

При определенных внешних условиях возникают напряжения, приводящие к появлению пластической деформации практически во всех телах. Следовательно, все тела обладают пластичностью - то есть способностью изменять форму и размеры при определенных термомеханических условиях. К последним относятся: механические схемы деформаций и напряжений, температура, скорость и степень деформации трение на контактной поверхности

Металлы и сплавы имеют кристаллическое строение. Каждый металл имеет определенную кристаллическую решетку с периодическим расположением атомов в пространстве на определенном межатомном расстоянии. Тип кристаллической решетки определяет взаимодействие атомов и свойства металла. Атомы находятся в положении равновесия. С увеличением потенциальной энергии в решетке атомы сдвигаются из мест устойчивого равновесия. Такая система неустойчива и стремится к уменьшению потенциальной энергии, то есть к возвращению атомов к месту устойчивого равновесия. При достижении определенного предела потенциальной энергии атомы не могут возвратиться к местам своего устойчивого равновесия. Они смещаются на межатомные расстояния и занимают другое устойчивое равновесие. При этом происходит остаточное изменение формы или пластическая деформация.

Этапы возникновения пластической деформации /2/ представлены на рисунке 1.1.



## Художественная обработка металлов давлением

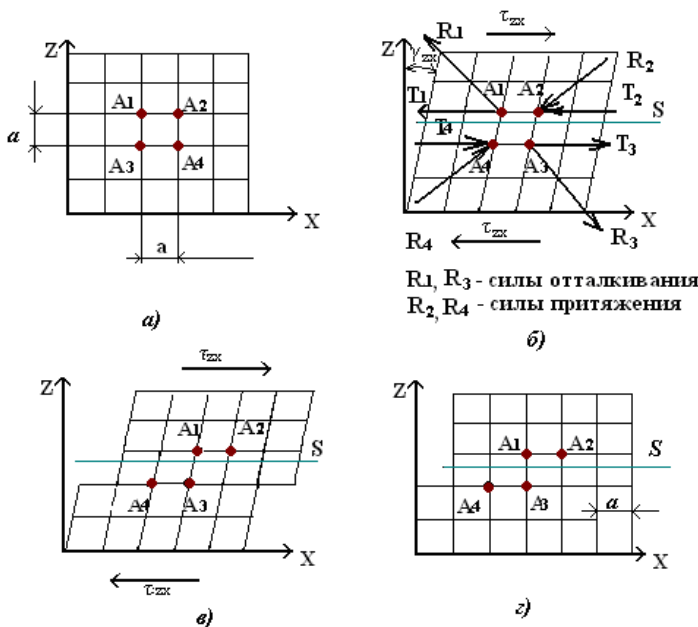


Рис. 1.1 Модель деформации элемента кристалла при сдвиге:

а – исходное состояние; б – упругая деформация (простой сдвиг); в – упруго-пластическая деформация; г – пластическая остаточная деформация.

Пока тело не нагружено, атомы занимают положения устойчивого равновесия, определенные узлами кристаллической решетки (рис. 1.1а). Под нагрузкой тело деформируется, решетка искажается и атомы занимают новые положения (рис. 1.1б). Расстояния между одними атомами  $A_1$  и  $A_3$  уменьшаются, а между другими атомами  $A_2$  и  $A_4$  увеличиваются. Между ними возникают силы взаимодействия  $R$  – притяжения и отталкивания, что приводит к увеличению потенциальной энергии. В результате этого решетка искажается, а атомы занимают новое положение устойчивого равновесия (рис. 1.1г). При этом происходит необратимое изменение формы тела – пластическая деформация.

## 1.1 Кристаллическое строение металлов

Все металлы и сплавы имеют кристаллическое строение, которое характеризуется закономерным и периодическим расположением атомов в пространстве, а каждый атом находится в идентичном окружении соседних.

Следовательно, кристалл - это твердое тело, в котором пространственное расположение атомов повторяются периодически и которое ограничено плоскостями, образующими друг с другом определенные углы /2/.

Кристаллы неправильной огранки называются кристаллитами, размеры кристаллов от мм. до мкм. Характеристикой закономерности расположения атомов в пространстве является кристаллическая решетка. Кристаллическая решетка - это простейшая модель кристалла, представляющая собой совокупность точек-центров колебания атомов, расположенных в пространстве так, что каждая точка имеет соседей, положение которых по отношению к ней совершенно одинаково.

В кристаллической решетке металла все узлы заняты одинаковыми атомами (ионами), которые удерживаются на своих местах силами межатомного взаимодействия. Величина сил взаимодействия определяет прочность кристалла.

Атомы в кристалле металла соединены металлической связью. При потере части внешних электронов атомы превращаются в положительно заряженные ионы. Потерянные электроны не связанные с конкретным атомом, свободно перемещаясь в кристалле с большими скоростями, приводят к высокой тепло- и электропроводности металлов.

Взаимодействие между положительно заряженными ионами и свободными электронами является силой обеспечивающей целостность кристалла. Описание кристаллической решетки производится с помощью переноса (трансляции) какого-либо одного атома (узла решетки) по 3-м выбранным направлениям. Положение частиц в такой решетке описывается через векторы трансляции. Наименьший параллелепипед, который можно построить на векторах трансляции, называется элементарной ячейкой кристалла /2/. Если ячейка содержит частицы только в вершинах параллелепипеда, то такая ячейка называется простой, если в объеме и гранях – сложной.

## Типы кристаллических решеток технических металлов

Кристалл, обладающий правильно уложенной кристаллической решеткой называется монокристаллом. Он имеет различные механические свойства в зависимости от направления в кристаллической решетке, т.е. он анизотропен /2/.

Для описания строения металлов используются 3 типа кристаллических решеток.

### 1. Кубическая объемно-центрированная (ОЦК)

$a=b=c$ ;  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ . Элементарная ячейка - куб, в центре которой расположен атом. Эта решетка характерна для  $\alpha$  -  $\beta$ -железа,  $\alpha$ -хрома, ванадия, вольфрама, калия, лития, молибдена, натрия, и их сплавов /1/.

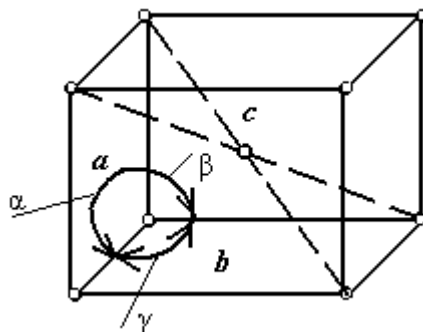


Рис. 1.2. Кубическая объемно-центрированная (ОЦК) решетка

### 2. Кубическая гранецентрированная (ГЦК)

$a=b=c$ ;  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ . Элементарная ячейка - куб, в центре каждой грани расположено по атому. Это решетка:  $\gamma$ -железа, цветных и благородных Ме: алюминия, золота, меди, никеля, платины, серебра, свинец, и их сплавов /1/.

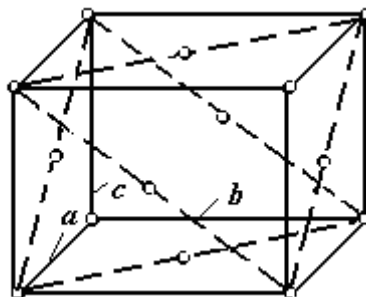


Рис. 1.3. Кубическая гранецентрированная (ГЦК) решетка

### 3. Гексагональная плотноупакованная (ГПУ)

$a=b \neq c$ ;  $\gamma = 120^\circ$ ,  $\alpha = \beta = 90^\circ$ . Элементарная ячейка – прямоугольная шестигранная призма, внутри которой расположено по 3 атома. Это решетка – бериллия, кадмия, кобальта, магния, титана, цинка /1/ и т.д.

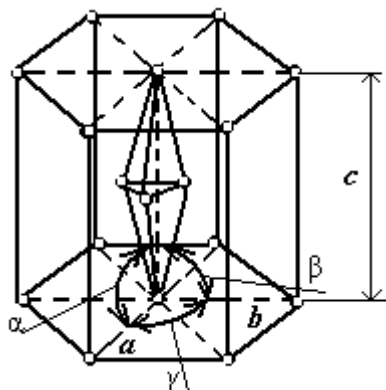


Рис.1.4. Гексагональная плотноупакованная (ГПУ) решетка

## 1.2 Особенности строения металлических сплавов.

Для повышения механических свойств, коррозионной стойкости и получения специальных физических свойств чистые металлы сплавляют с металлами и неметаллами.

## Художественная обработка металлов давлением

Под сплавом понимается вещество с металлическими свойствами, полученных при кристаллизации расплава из нескольких компонентов.

Наиболее распространены сплавы черных металлов (углеродистая и легированная сталь), медные (латунь, бронза), алюминиевые, магниевые, титановые.

В результате совместной кристаллизации нескольких элементов могут образоваться следующие типы сплавов:

- механическая смесь;
- твердый раствор;
- химическое соединение.

Механическая смесь образуется при отдельной кристаллизации компонентов. Структура сплава будет состоять из кристаллов отдельных компонентов, связь между которыми осуществляется по границам зерен.

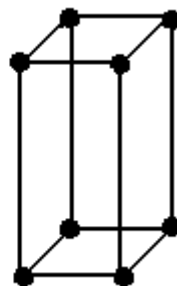
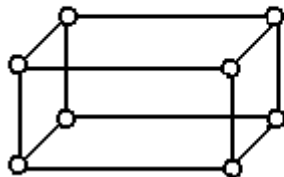
Химическое соединение происходит, когда кристаллизующиеся компоненты взаимно химически активны. Кристаллическая решетка соединения будет новой, не похожей на кристаллические решетки исходных компонентов.

Твердый раствор образуется, когда кристаллическую решетку строит только один из компонентов, а другой компонент в этой решетке размещается в атомном виде.

### Механическая смесь



- — АТОМЫ вещества А
- — АТОМЫ вещества Б



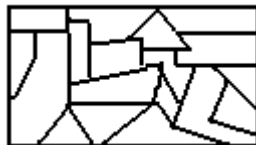
**чугун (железо+ углерод)**

Рис. 1.5. Механическая смесь

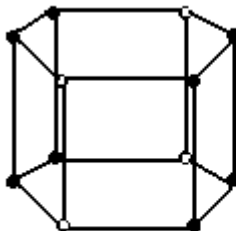
Свойства такого сплава будут средним между свойствами элементов, которые его образуют.

**Химическое соединение.**

По свойствам сплав, полученный химическим соединением сильно отличается от свойств образующих его компонентов.



*амальгама ( ртуть+ золото (цинк), (элементы растворимой ртути)*



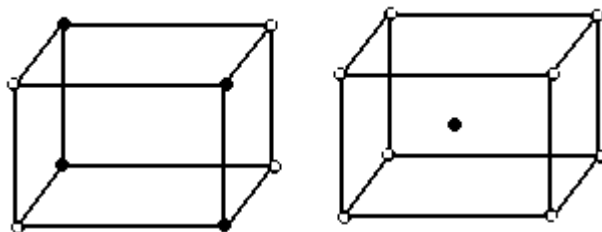
*бронза (олово-медь)  
корбид вольфрама  
(вольфрам+углерод)*

Рис. 1.6. Химическое соединение

**Твердый раствор.**

Твердые растворы бывают 2-х типов. В зависимости от характера размещения компонентов различают твердые растворы замещения и внедрения.





*тв. р-р замещения*

*(латунь-медь+цинк;  
бронза-олово+медь)*

*тв. р-р внедрения*

*Феррит  
аустенит*

Рис.1.7. Твердый раствор

При образовании твердого раствора замещения атомы одного из компонентов, например Б, частично замещают атомы компонентов А в узлах кристаллической решетки.

Твердый раствор внедрения образуется когда, атомы одного из компонентов размещаются в междоузльях кристаллической решетки.

Твердые растворы замещения образуются при совместной кристаллизации металла с неметаллами (например: железо-углерод).

Свойства сплава – твердого раствора может быть выше или ниже свойств исходных компонентов.

Все твердые растворы обозначают буквами  **$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$** , структура которых под микроскопом выглядит как структура чистого металла или химического соединения.

### **Твердые растворы замещения**

Образуют металлы с небольшим различием атомных радиусов (<15%). Им свойственно незначительное искажение кристаллической решетки. Любой ее узел может быть занят атомом компонента примеси. Атомы примеси располагаются в решетке статистически равномерно. Если атомы примеси располагаются случайным образом, то такие растворы называются неупорядоченные твердые растворы.

Если атомы примеси располагаются в закономерном порядке, то такие растворы называются упорядоченные твердые растворы.

### **Твердые растворы внедрения:**

Характерны для сплавов, один из компонентов которых имеет большой атомный радиус (но при этом различие не может быть более 59%). (Например: сплав железо – углерод.)

В твердых растворах внедрения решетка искажается значительно. Это связано с расположением атомов примеси в междоузлиях решетки основного компонента.

Высокие локальные напряжения, возникающие в решетке, приводят к тому, что внедренные атомы располагаются в областях искажения решетки вокруг дислокаций – дефектов, связанных со смещением нескольких рядов атомов.

### **Важнейшие твердые растворы внедрения:**

Феррит – раствор углерода в  $\alpha$  - железе. Обладают высокой пластичностью и небольшим сопротивлением деформации.

Аустенит – раствор углерода в  $\gamma$  - железе.

Они обладают высокой пластичностью и небольшим сопротивлением деформации.

Предельная растворимость С в  $\alpha$ -Fe – 0, 02%

С в  $\gamma$ -Fe – 2, 14%

Строение сплава определяет его свойства. Зависимость между строением сплава, его составом и температурой описывается диаграммой состояния (диаграмма равновесия). Диаграммы строятся экспериментально по критическим точкам, полученным на кривых охлаждения сплавов данной системы.

## **1.3 Влияние механических схем на пластическую деформацию**

Пластичность металла зависит от совокупности механических схем напряженного и деформированного состояний, которые дают графическое представление о наличии и знаке главных напряжений и деформаций.

Вследствие основного закона пластической деформации – закона постоянства объема, максимальная по абсолютной величине главная деформация равна сумме двух других, взятой с обратным знаком /1/. Отсюда следует, что может быть только три вида схем главных деформаций, представленных на рисунке 1.8.



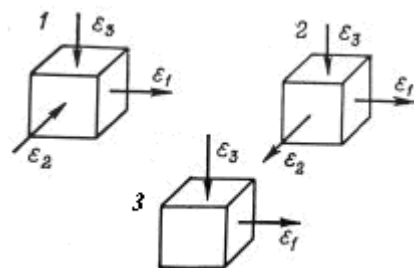


Рис. 1.8. Механические схемы деформированного состояния  
1 –растяжение; 2 - сжатие ; 3 –сдвиг

Схемы главных деформаций определяют характер изменения физико-механических свойств металла при деформации. Например, получение равномерного волокна наиболее легко достижимо при схеме главных деформаций с одной положительной деформацией и двумя равными по величине отрицательными деформациями. При этом наиболее интенсивно происходит образование текстуры и упрочнение [1].

Схемы главных напряжений бывают линейные, плоские и объемные. Таким образом, существует всего девять видов схем напряжений (рис.1.9)

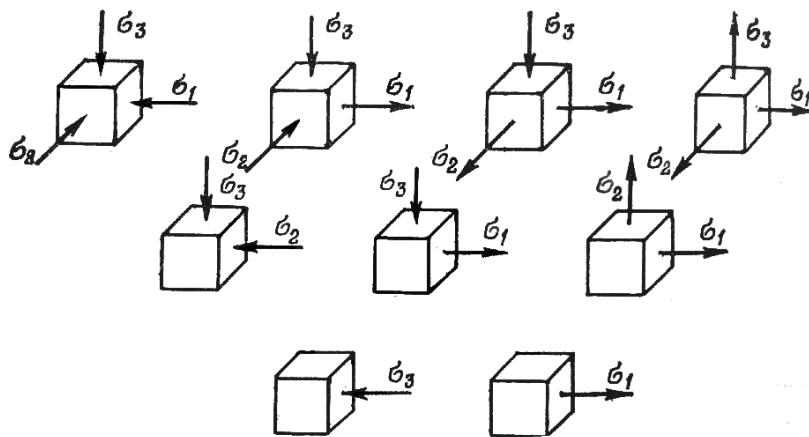


Рис. 1.9. Механические схемы напряженного состояния

## 2. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

Прежде чем определиться с какими металлами сталкивается человек, занимающийся художественной обработкой металлов давлением, необходимо определиться со свойствами, которые могут оказывать влияние на ту или иную деятельность, связанную с его обработкой.

Из всего многообразия свойств, которыми могут обладать те или иные металлы, можно выделить три основные группы – механические, физические и технологические свойства. Рассматривать все свойства металлов входящие в эти группы нет необходимости, поэтому мы рассмотрим только те которые оказывают значительное влияние на процессы связанные с обработкой давлением.

### *Механические свойства металлов:*

Прочность – свойство металлов оказывать сопротивление разрушению от действия внешних сил. Показатель прочности это механическое напряжение – отношение усилия, на величину площади, на которую оно действует, измеряется в Паскалях.

Пластичность – свойство металла под действием внешних сил изменять свою форму без разрушения. Основной показатель пластичности - относительное удлинение при растяжении.

Упругость – свойство изделий под действием внешних сил изменять свою форму и восстанавливать ее при снятии нагрузок.

Твердость – сопротивление металлов вдавливанию. Способы твердости регламентируются стандартами по методам Бринелля ГОСТ 9012-59 и по методу Роквелла ГОСТ 9013-59.

### *Физические свойства металлов:*

Температура плавления – температура перехода в иное агрегатное состояние и исходный параметр для определения температурного интервалаковки.

Плотность – определяет количество массы металла в единице объема.

Теплопроводность – свойство металла передавать теплоту от более нагретых частей к менее нагретым. Чем выше теплопроводность, тем быстрее и равномернее прогревается весь объем и меньше вероятность образования дефектов в металле при ковке.

*Технологические свойства металла:*

Технологические свойства металлов и сплавов это основные понятия, необходимые для практической работы с ними.

Ковкость – свойство металла изменять свою форму в больших пределах от действия ударных или статических нагрузок. Это одно из основных свойств металлов, позволяющее обрабатывать их ковкой. Степень ковкости зависит от многих параметров. Наиболее существенными из них являются следующие: пластичность, степень нагрева, величина деформирующего усилия, наличие примесей в металле и др. Металлы могут коваться в холодном состоянии, например медь, алюминий. В горячем состоянии – сталь. Это свойство широко используется при изготовлении художественных кованых изделий из малоуглеродистой стали, ранее называемой ковочным железом /3/.

Свариваемость – свойство, в результате которого металл образует неразъемные соединения при ковке сопрягаемых частей металла в разогретом состоянии. Чистые металлы свариваются легче, а сплавы труднее. Легче свариваются изделия, из малоуглеродистой стали. Чем выше процент содержания углерода, тем затруднительнее сварка ковкой.

Закаливаемость – свойство стали значительно повышать свою твердость и износостойкость после нагрева и последующего быстрого охлаждения в различных охлаждающих средах. В зависимости от видов закалки у одной и той же стали можно получить различные структуры и различные свойства. Для получения наилучших результатов изделие равномерно нагревают до температуры 740 – 850 градусов и затем быстро охлаждают со скоростью 150<sup>0</sup>С в секунду. В качестве охлаждающих сред используют воду или масло /3/. При температуре воды, равной 18<sup>0</sup>С, скорость охлаждения достигает 600<sup>0</sup>С в секунду, а в масле при той же температуре – до 150<sup>0</sup>С в секунду. Для повышения закаливающей способности в воду добавляют соль (10%) или серную кислоту (10 – 12%).

Спекаемость – образование металлокерамики, когда предварительно измельченные металлы в порошок, смешиваются и при высокой температуре и в специальных формах подвергаются обработке давлением. Таким способом получают особо твердые сплавы.

Кроме этого необходимо обратить внимание на химико-термическую обработку позволяющую изменять некоторые свойства металлов и сплавов.

## Художественная обработка металлов давлением

Химико-термическая обработка – насыщение углеродом, азотом и другими химическими элементами поверхностных слоев изделия. Различают следующие виды химико-термической обработки: цементация, азотирование, цианирование, алитирование, силицирование, диффузионное хромирование.

Цементация – это поверхностное науглероживание стали. Она применяется в тех случаях, когда изделию придается твердая поверхность при вязкой сердцевине. Цементация основана на свойстве железа поглощать углерод при высокой температуре. Цементации подвергают малоуглеродистые, стали с содержанием углерода не выше 0,2%, а также легированные стали с содержанием хрома, никеля и других веществ.

Азотирование – это процесс насыщения поверхностного слоя изделий азотом, при этом интенсивно повышается коррозионная стойкость.

Цианирование – процесс одновременного насыщения стали углеродом и азотом одновременно. Совместное действие углерода и азота повышает коррозионную стойкость, по сравнению с цементацией.

Алитирование – диффузионное насыщение изделий алюминием. Образование на поверхности изделий защитной пленки повышает жаростойкость изделий.

Силицирование – насыщение изделий в поверхностном слое кремнием повышает их твердость и износостойкость.

Диффузионное хромирование – значительно повышает коррозионную стойкость, твердость, износостойкость и жаростойкость.

### 2.1 Черные металлы

По представлению древних людей металлы имели таинственную связь с небесными светилами. В древних книгах металлы часто именуются названиями планет: золото – Солнцем, серебро – Луной, медь – Венерой, свинец – Сатурном, железо – Марсом, ртуть – Меркурием /3/.

Металлы играют не меньшую роль, как в промышленном производстве, так и в художественном творчестве. Однако в области прикладного искусства непосредственное применение имеет меньшая часть из них.

В первую очередь к таким материалам относится группа

## Художественная обработка металлов давлением

черных металлов – чугуны и стали, представляющие собой сплав железа с углеродом.

Сплавы, содержащие углерода до 2,14%, называются сталью. При большей науглероженности железные сплавы называют чугуном.

В настоящее время производится большое число сортов стали, в зависимости от состава и области применения их классифицируют на группы.

Углеродистые стали обыкновенного качества (ГОСТ380 – 88) маркируют буквами и цифрами. Буквы Ст означают «сталь», цифра – номер марки стали, справа от номера марки – степень раскисления.

Углеродистые качественные углеродистые стали (ГОСТ1050–74) отличаются уменьшенным содержанием вредных примесей и неметаллических включений с гарантированным химическим составом и механическими свойствами. Такие стали, обозначаются цифрами после слова «сталь». Цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента /4/.

Низколегированные и легированные конструкционные стали (ГОСТ 19282-73 и ГОСТ 4543–71) содержат условные обозначения легирующих компонентов: Р – бор, Ю – алюминий, С – кремний, Т – титан, Х – хром, Г – марганец, Н – никель, М – молибден, К – кобальт, Д – медь, Б – ниобий. На переднем месте в обозначении стоит цифра, обозначающая содержание углерода, а цифры за обозначением легирующего элемента его содержание в процентах, если содержание элемента менее полутора процентов цифры отсутствуют.

Инструментальные углеродистые стали ГОСТ 1435–74 в обозначении марки имеют буквы и цифры, обозначающие: У – углеродистая, следующие за ней цифры – среднее содержание углерода в десятых долях процента, за цифрами – Г – повышенное содержание марганца, А – высококачественная.

Графическое отображение фазового состояния сплавов железа с углеродом в зависимости от их химического состава и температуры представляется диаграммой состояния железо-углерод.

Железо образует с углеродом химическое соединение  $Fe_3C$  – цементит. Так как на практике применяют металлические сплавы с содержанием углерода до 6,67%, то в основном рассматривается часть диаграммы состояния от железа до цементита, такая диаграмма представлена на рисунке 2.1.

Стали, в условиях худо- жественной промышленности

## Художественная обработка металлов давлением

употребляются не все. В качестве подделочных материалов применяется главным образом обыкновенная углеродистая сталь и гораздо реже – качественная углеродистая сталь, а из группы легированных, в основном нержавеющая.

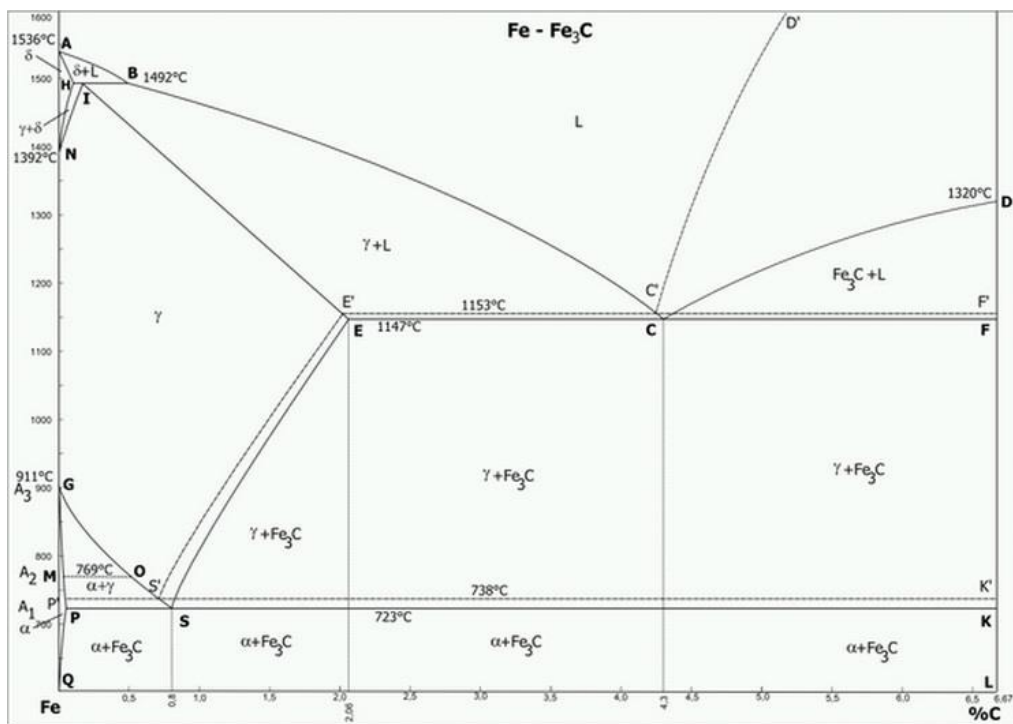


Рис.2.1. Часть диаграммы состояния железо – цементит.

Примером художественного исполнения изделия, выполненного, из нержавеющей стали, может служить монументальная скульптура «Рабочий и колхозница» по модели скульптора В.И. Мухомовой, установленная перед входом на выставку достижений народного хозяйства в г. Москва. Листовая нержавеющая сталь применяется и в архитектуре, она очень декоративна и долговечна.

## 2.2. Цветные металлы и сплавы

В практике кузнечных работ часто приходится ковать цветные металлы и сплавы.

Медь – (ГОСТ 859–78) обладает высокой пластичностью, теплопроводностью, вязкостью, электропроводностью, хорошо куется, как в горячем, так и в холодном состоянии.

Основные марки меди М0к, М1б, М1р, что значит М – медь, цифра – содержание примесей, к – катодная, б – бескислородная, р – раскисленная /5/.

Медь – мягкий и тягучий металл /3/. Он легко обрабатывается давлением. Из меди легко штамповать, дифовать и чеканить. Она легко принимает самую разнообразную форму, допускает выколотку высокого рельефа. Медь хорошо прокатывается. Из нее изготавливают листы и ленты, толщиной до 0,05 мм.

В больших количествах медь идет для приготовления сплавов.

Сплавы меди с цинком называют латунями. (ГОСТ 1020–77) – температураковки – 840–650<sup>0</sup>С. Латуни хорошо обрабатываются, имеют красивый золотисто-желтый цвет, применяются для галантерейных и дешевых ювелирных изделий, с последующим золочением или серебрением /3/. Латуни с малым содержанием цинка называют томпаками. Они применяются для изготовления художественной посуды, нагрудных и юбилейных знаков.

Сплавы меди с оловом называют бронзой (ГОСТ 493-79). В истории развития человеческого общества целая эпоха носит название «бронзового века».

Бронза широко применяется для производства художественных предметов убранства общественных интерьеров – театров, дворцов, залов - больших люстр, бра, канделябров, торшеров.

Цвет бронзы, в зависимости от содержания в ней олова изменяется от красного до белого.

Алюминий – легкий, пластичный металл, хорошо куется при температуре 500–320<sup>0</sup>С, ГОСТ 11069-74. Был впервые открыт Велером в 1827 г., в промышленность вошел в 1845 г. В настоящее время получается электролизом из бокситов. Его используют наряду с чугуном для крупных литых архитектурных деталей и скульптур, для различных предметов убранства интерьера и в ювелирном деле.

## Художественная обработка металлов давлением

Магний – самый легкий металл, применяемый в промышленности. Деформируемые магниевые сплавы применяются для штамповки, прессования и прокатки. Температурный интервал обработки 300–400<sup>0</sup>С. Используются для изделий, предназначенных к оформлению интерьеров.

Никель - металл серебристо-белого цвета, с сильным блеском, не тускнеющем на воздухе. Наиболее известные его сплавы, применяемые в ювелирной промышленности – пактонг, мельхиор, нейзильбер, аргентан, альфенил /6/.

Цинк – имеет серовато-белый цвет с синеватым оттенком, применяется, главным образом в чистом виде, а так же в сплавах, начиная с 18 века. Например, барельефы на памятнике – часовне у Ильинских ворот в Москве выполнены из цинка по модели скульптора В.О. Шервуда.

Свинец – металл известный человечеству с глубокой древности. На свежем разрезе имеет синевато-серый цвет и мгновенно покрывается пленкой окиси. Обладает хорошими механическими свойствами при пластической обработке.

Олово – имеет серебристо-белый цвет. Применялось для чеканки монет и изготовления сосудов. В настоящее время используется для сплавов с медью /3/.

Кроме того, в производстве художественных изделий, в качестве вспомогательных материалов, используют: висмут, ртуть, титан, кадмий, сурьма, хром, кобальт, вольфрам, марганец, молибден, ванадий, тантал /4/.

### 2.3. Драгоценные металлы

К драгоценным металлам относятся серебро, золото и платина.

Серебро – драгоценный металл белого, блестящего цвета. Обладает высокой пластичностью, ковкостью и самой высокой из металлов отражающей способностью.

Использовалось в виде сплава с золотом в древности и называлось «электрум».

В художественной промышленности серебро используется для производства ювелирных изделий, дорогой посуды, филигранного производства /3/.

Серебряные сплавы сходны по цвету, близки по механиче-



## Художественная обработка металлов давлением

ским свойствам, и, как правило, имеют один легирующий компонент. Как и все драгоценные, серебряные сплавы характеризуются по пробам. Маркируются буквенной маркой и цифровым шифром. Согласно ГОСТ 6836-80 предусматривается 18 серебряных сплавов 15 различных проб. Все сплавы имеют высокую пластичность, ковкость /6/.

Золото – тяжелый металл, плотностью  $19,32 \text{ г/см}^3$ , отличается уникальным, ни с чем не сравнимым желтым цветом. Золотые сплавы можно классифицировать по цветовому признаку на желтые, красные, зеленые, белые, розовые, в зависимости от оттенков.

ГОСТ 6835-80 предусматривает 40 золотых сплавов восемнадцати проб, имея ввиду их технологическое назначение. Для ювелирных изделий используются сплавы пяти проб – 958, 750, 585, 583, 375. /6/.

В настоящее время золото используется при изготовлении дорогих, художественных уникальных изделий.

Платина – блестящий ковкий металл, встречается в природе в самородном состоянии. Применяется в ювелирном деле, в качестве оправы для бриллиантов, дорогих изделий – браслетов, серег. В последнее время уступила место белому золоту /6/. Платина насчитывает большое количество сплавов, в основном двухкомпонентных, технического назначения. Для ювелирных изделий используется сплав 950-й пробы.

Применение драгоценных металлов в чистом виде не всегда целесообразно из-за их дороговизны, недостаточной твердости и износостойкости, поэтому чаще используют сплавы этих металлов. Серебро в составе сплава придает ему пластичность, мягкость, ковкость, понижает температуру плавления. Медь – увеличивает твердость сплава, обуславливает ковкость, тягучесть. Пластичность, меняет цвет сплава от красного до ярко красного. Палладий повышает температуру плавления сплава. Обеспечивает пластичность и ковкость, прибавка палладия окрашивает слиток в бурый или белый цвет. Никель придает ковкость, пластичность, твердость. Повышает литейные качества, меняет цвет сплава на бледно-желтый. Цинк делает сплав твердым, хрупким, повышает текучесть, понижает температуру плавления. Алюминий обеспечивает пластичность, ковкость, отражающую способность, повышает коррозионную стойкость. Платина повышает упругость сплава и температуру его плавления, придает сплаву белый цвет.

### 3. ВИДЫ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

В настоящее время существует много способов художественной обработки металлов давлением. Одни способы очень древние, другие – воплощение нашего времени.

Художественная обработка металлов на территории России возникла с незапамятных времен. Центрами художественной обработки металлов на Руси были в разное время Киевская Русь, Владимиро-Суздальское княжество, Новгород, Псков, Ярославль, Нижний Новгород, Кострома, Казань, Калуга, Вологда, Великий Устюг, Москва, Петербург, ряд городов Урала.

Новых высот художественная обработка металлов достигла в XVIII, XIX веках. Необходимо отметить, что до XVII века оно развивалось своими, особыми путями, не испытывая сколько-нибудь заметного влияния творчества мастеров других стран. Начиная же с эпохи Петра I и до начала XX века эволюции русского искусства присущи те же стилевые закономерности, что и западноевропейскому. В это время приобретает широкую известность самобытное искусство филигрانی красносельских мастеров. Примерно в те же годы внедряются механические способы обработки металлов: ковнное серебро заменяется гладким листовым, чеканка все более уступает место штамповке, находит применение гальваническое золочение. Эти первые предприятия и первые технические новшества по сути предопределили приход эпохи, когда труд мастера-одиночки постепенно был заменен механизированным, а в дальнейшем – промышленным производством.

Начало советского периода художественной обработки металлов относится к 1923 году, когда при Наркомфине было организовано Московское товарищество. Используя опыт и достижения мастеров предшествующих поколений, опираясь на богатые традиции, оно создало немало изделий, получивших мировую известность, в том числе такие произведения монументального характера, как карта нашей Родины из драгоценных металлов и самоцветов, изумительный по красоте орден Победы. На современном этапе центрами художественной обработки металлов в России являются: Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Касли, Кострома, Ростов (Ярославский), Великий Устюг, Пермь, Якутск,

поселок Мстера, Красное-на-Волге, Кубачи.

Творческий человек, инженер декоративно-прикладного искусства, выбирая технологию обработки металла, должен учитывать особенности различных способов обработки, влияющих на процесс формообразования изделия.

При обработке металлов и сплавов давлением следует учитывать предрасположенность материалов к пластическому формоизменению /4/.

### 3.1 Художественнаяковка

Кузнечное дело является самым древним ремеслом, связанным с обработкой металлов. Впервые человек начал ковать самородные и метеоритные металлы еще в каменном веке /8/. Со временем люди научились выделять различные металлы из руды.

В древней Руси изготавливали основные виды орудий труда, домашней утвари и оружия, которые не претерпели изменения до наших дней и применяются в современном быту и технике.

Среди кузнецов – лидеров машинного производства, наиболее распространенными были следующие специалисты: серповники, инструментальщики, оружейники, щитники, гвоздочники, булавочники, уздники, замочники /8/.

На территории Россииковка применялась уже в седьмом веке нашей эры в районах Северного Кавказа, Южного Урала.

В девятом – двенадцатом веках на Руси при строительстве монастырей, церквей и соборов в Киеве, Новгороде, Пскове широко использовался труд кузнецов, которые ковали связи, тяжи и пояса для скрепления стен, сводов, арок, а также оконные решетки, парадные двери и ворота с накладными цветками. Собирали и устанавливали на вершинах куполов большие и малые кресты.

С семнадцатого века в крупных городах начинается строительство дворцово-парковых ансамблей, кузнецы начинают специализироваться на изготовлении оград. Решетка Летнего сада со стороны Невы считается лучшей среди декоративных оград мира /7/.

В 1975 г. В поселке Салтыковка под Москвой основан первый в России музей кузнечной науки и техники, который вскоре стал специализированным научно-исследовательским центром в области истории кузнечного дела и художественнойковки, куз-

## Художественная обработка металлов давлением

нечно-прессового машиностроения и теории обработки металлов давлением /7/.

В современном строительстве кованные металлические изделия пользуются повышенным спросом благодаря надежности и прочности. Художественнаяковка предоставляет огромные возможности для воплощения самых оригинальных дизайнерских идей и прекрасно сочетается абсолютно со всеми строительными материалами и архитектурными стилями.

Шедевры искусстваковки металла любой сложности под силу нашим художникам и кузнецам. Истинные умельцы и мастера своего дела с легкостью выполняют любые элементы экстерьера и интерьера зданий.

Внешние ограждения приусадебного участка или загородного имения, кованные сварные ворота (рис. 3.1) и заборы, отражают чувство стиля, подчеркивают высокий статус владельца имения, и являются самым удачным стилистическим оформлением экстерьера художественнойковки.



Рис. 3.1 Кованные ворота и калитка

Кованные перила для лестниц (рис. 3.2) и лестничные ограждения, выполненные с использованием художественнойковки, придают динамичность любому интерьеру, начиная инте-

## Художественная обработка металлов давлением

рьером квартир, и заканчивая - банками, офисами и бизнес — центрами.



Рис. 3.2 Кованные перила.

Надежные и прочные балконные ограждения (рис.3.3), с использованием художественнойковки, создают грациозный и элегантный внешний вид здания и украсят и открытую галерею миниатюрного дачного домика, и фасад пятизвездочного отеля.



Рис. 3.3 Балконное ограждение

Кованые оконные решетки (рис. 3.4) в первую очередь должны выполнять защитную функцию, не теряя при этом привлекательного вида. Выполненные в одном стиле с другими элементами экстерьера (ограждением крыльца, балконами, коваными уличными фонарями и козырьком), оконные решетки должны сочетаться с интерьером. Использование художественнойковки при изготовлении оконных решеток позволяет окутать окна Вашего дома в изысканное оконное кованое кружево.



Рис. 3.4 Оконная решетка.

Малые архитектурные формы - мостики (рис. 3.5), кованые беседки (рис. 3.6), скамейки (рис. 3.7), качели и опоры для растений, выполненные в одном стиле, придают ландшафтному дизайну органичности, создавая единый неповторимый рисунок.

Художественная обработка металлов давлением



Рис. 3.5 Кованный мостик



Рис. 3.6 Кованная беседка



Рис. 3.7 Кованная скамейка

Технология художественнойковки подробно рассмотрена в главе 3 настоящего пособия.

### 3.2. Дифовка

Дифовка – древнейшая технология холодной обработки листового металла давлением, производимый непосредственными ударами молотка, под которыми он тянется, изгибается, садится и в результате этих деформаций приобретает необходимую форму. Появился этот процесс благодаря появлению листового металла. От кузнечнойковки дифовка отличается тем, что она производится в холодном состоянии и выполняется из листового металла не толще 2 мм.

В России и Европе 18 – 19 веков дифовка, или выколотка, применялась довольно широко и носила название «битой меди» для производства скульптур. Скульптура дифовалась из меди и устанавливалась на стальных каркасах.

Примерами скульптуры, выполненной в этой технологии, могут явиться – квадрига Аполлона на фасаде Александринского театра в С. Петербурге (рис. 3.8), композиция для Большого театра г. Москва (рис. 3.9), статуя «Рабочий и колхозница» в Москве (рис.3.10), статуя Свободы в Соединенных Штатах Америки (рис.



## Художественная обработка металлов давлением

3.11).

Получение объемной формы из плоской заготовки обуславливается процессами, которые в различных чередованиях и комбинациях составляют свободную ручную выколотку /3/.



Рис. 3.8 Квадрига Аполлона на фасаде Александринского театра в С. Петербурге



Рис. 3.9 Композиция для Большого театра г. Москва



Рис. 3.10 Статуя «Рабочий и колхозница» в Москве



Рис. 3.11 Статуя Свободы в Соединенных Штатах Америки.

### 3.3. Чеканка

Чеканка – обширный раздел художественной обработки металлов давлением. Она охватывает большое разнообразие изделий, различных по своему художественному принципу, от рельефных орнаментальных до догорельефных форм, от линейно-графических двумерных решений, близких к гравировке, до объемно-скульптурных /5/.

Чеканка - один из древнейших видов художественной обработки металла. Чеканка была известна в древнем Египте, античной Греции и Риме. С давних времен она известна в Иране, Китае, Индии и Японии. Значительное развитие она получила в эпоху Возрождения в странах Западной Европы.

Во многих музеях мира сохранились чеканные металлические изделия мастеров древнего мира, средневековья и Возрождения. В технике чеканки создавались ювелирные изделия (рис. 3.12), утварь (рис. 3.13), оклады икон, оружие (рис. 3.14) и даже

скульптурные монументы.



Рис. 3.12 Подвеска-Дракон



Рис. 3.13 Посуда

## Художественная обработка металлов давлением



Рис. 3.14 Холодное оружие

С давних времён широко была распространена чеканка и в Древней Руси. Уже в до монгольской Руси. Для северных городов была характерна пуансонная чеканка. Объёмная, выпуклая чеканка выполнялась иначе, работа шла попеременно то с обратной, то с лицевой стороны на вязкой и прочной основе-смоле, (напр. Шлем князя Ярослава Всеволодовича (рис. 3.15).



Рис. 3.15 Шлем князя Ярослава Всеволодовича

На рубеже 16- 17 вв. Широко распространяется басменное теснение. Басму отличает равномерно повторяющийся орнамент и стыки на границах соседних узоров. Мастера работали с медными литыми или гравированными матрицами (оклады икон, украшения книжных переплётёв).



Рис. 3.16 Образ Иконы Пресвятой Богородицы Владимирской (С Иконы Андрея Рублёва). 42x58 см. Листовая медь 0,8 мм



Рис. 3.17 Святой Благоверный Великий Князь Александр Невский 58x43 см Листовая медь 0,8 мм

Сущность процесса чеканки заключается в обработке материала посредством специального стержня – чекана, который ставится вертикально, и по верхнему торцу которого наносят удары молотком. В результате удара нижний, рабочий конец (бой) оставляет отпечаток на материале. Постепенно перемещая чекан и каждый раз, ударяя по нему молотком, материалу придают желаемую форму /3/.

Для успешного процесса чеканки необходимо, чтобы обрабатываемый материал обладал определенной пластичностью и вязкостью, способностью изменить свою форму под действием силы. Наличие таких свойств характерно для большинства металлов и их сплавов.



### 3.4. Металлопластика

Металлопластика – один из древних видов художественной обработки металлов давлением.

Изделия металлопластики, большей частью предметы украшения, которые позволяют судить о высокой технике ювелирного искусства в данный период. Наиболее интересные найдены в царских могилах города Ура, и в довольно значительном количестве. Почти все предметы - чаши, кубки, кинжал, шлем, головные украшения выполнены из золота; многие инкрустированы лазуритом и другими полудрагоценными камнями (рис. 3.18).



Рис. 3.18 Иконки и обереги

Эта технология использовалась еще средневековыми художниками. Особенно широкое распространение эта технология

## Художественная обработка металлов давлением

получила в начале 20 века. Благодаря простоте и доступности приемов этой техники она была включена в программы советской средней школы на уроках ручного труда /3/.



Рис. 3.19 Изделие из программы советской средней школы

Художественные произведения, созданные технологией металлопластики по своему внешнему виду напоминают чеканку. Но это сходство только внешнее. Для чеканки идут листы до 0,5 мм, а для металлопластики 0,2÷0,4 мм. Более тонкие листы прорываются, а более толстые трудны для ручного деформирования.

Однако главное отличие металлопластики от чеканки заключается в самой технологии. В чеканке форма образуется за счет удара молотком по чекану, а в металлопластике форма обеспечивается плавными деформациями, при использовании специального инструмента.

### 3.5. Басма

Унифицированным, поточным видом металлопластики является самостоятельный вид художественной обработки металлов давлением - басма /10/.

Здесь используются басменные доски – матрицы для тиснения. Басма применяется, начиная с 14 века, и значительно развивается на протяжении 15 века. В древнерусском искусстве техника тиснения зарождается еще в домонгольской Руси в период десятого века.

Очень часто басма используется для оформления рамок икон, картин, мебели и т.п. (рис 3.20)



Рис. 3.20 Образцы басменных узоров  
Рамка с басменным узором (фрагмент)

Басменная доска представляет собой металлический или деревянный рельеф с мягкими плавными формами без острых краев и резких выступов. Общая высота рельефа 1÷6 мм. Доска изготавливается литьем или резкой с последующей чеканкой. Обратная сторона доски плоская, ровная, плотно ложащаяся на

верстак.

Процесс тиснения басмы заключается в следующем. На матрицу кладется лист металла  $0,2 \div 0,3$  мм, отожженного и отбеленного. Сверху накладывается прокладка из листового свинца. По этой прокладке наносят удары молотком или осуществляют давление при помощи винтового пресса. Благодаря своей пластичности свинец вдавливается во все углубления матрицы вместе с металлическим листом, зажатыми между матрицей и свинцовой прокладкой. После тиснения свинец удаляют с матрицы и снимают басму.

Басма несколько отличается от матрицы четкостью рисунка. На басме он получается более мягким, как бы слегка сглаженным. Эта разница обуславливается толщиной листа, примененного для тиснения. Чем толще металлический лист, тем расхождение больше. Чтобы сделать на басме рисунок более четким, басменные матрицы чеканятся резче и суше, чем это требует по своему характеру воспроизводимый узор. Таким образом, устраняется этот, казалось бы, неизбежный недостаток тиснения /3/.

### 3.6. Тауширование

Тауширование или насечка – своеобразный и очень древний прием отделки драгоценными металлами бронзовых или стальных изделий /3/.

Технология процесса заключается в предварительной насечке поверхности предмета и последующей набивки этих бороздок золотыми или серебряными сплавами (рис. 3.21, 3.22).

### Художественная обработка металлов давлением



Рис. 3.21 Рисунок на посуде



Рис 3.22 Рисунок на холодном оружии

Существует три вида тауширования рисунка.

- Гравирование углублений штихелями.
- Гравирование углубления химическим и электрохимическим методом.
- Рубка углубления зубилом.

В любом случае в полном соответствии с рисунком изготавливаются фрагменты узора и после этого укрепляют вкладку, вбивая ее молотком заподлицо с фоном, далее изделие полируется.

В Древней Греции этот процесс называли «хризографией», Наиболее древние образцы хризографии известны еще в древне-египетской и крито-микенской культуре /3/.

### 3.7. Скань

С глубокой древности скань, или филигрань занимает значительное место в производстве художественных изделий, с использованием операций обработки металлов давлением.

Название процесса происходит от латинских слов «филюм» (нить) и «гранум» (зерно). Понятие скань происходит от русских слов – свивать, скручивать.

Филигранные изделия изготавливаются из проволоки и мелких шариков, дополняющих проволочный узор. Материалами для филигранных ювелирных изделий являются пластичные сплавы золота и серебра, используются так же мельхиор, нейзильбер и медь. Техниккой филигрании можно получить все виды ювелирных изделий (рис. 3.23-3.25).



Рис. 3.23 Серьги

## Художественная обработка металлов давлением



Рис. 3.24 Перстень



Рис. 3.25 Браслет

Различают филигрань ажурную и фоновую (напайную) /11/. Ажурная филигрань – это кружевной узор, с просматриваемым сквозь рисунок. Фоновой филигранью называют изделие по лученное по этой технологии, но напаянную на подготовленный заранее фон (основу). Ажурная и фоновая филигрань бывает объемной и плоской. К плоской филигранни можно отнести такие изделия, как броши, рамки, знаки. Примеры объемной филигранни – ларцы (рис. 3.26), подстаканники (рис 3.27.), кубки. Элементы ажурной и фоновой филигранни разнообразны и многочисленны по форме размерам и названию.



Рис. 3.26 Ларец



Рис. 3.27 Подстаканник

Более подробно технология филигранного производства представлена в четвертой главе настоящего пособия.



## 4. РУЧНАЯ ХУДОЖЕСТВЕННАЯ КОВКА

Ковкой называют обработку металлов в нагретом состоянии. Целью процесса является получение поковки требуемой формы и размеров.

Заготовка – это первичный полуфабрикат, получаемый путем отделения требуемой части металла от проката или литья, по объему достаточный для получения поковки.

Поковка – основное изделие, получаемое в результате обработки нагретой заготовки ковкой. В технологииковки художественных изделий различают следующие видыковки /12/.

Предварительнаяковка производится в следующих целях. Для измельчения дендритов и грубых кристаллитов; для получения однородной мелкозернистой структуры; для полного исключения пустот и пор металла и их последующей заваркой; для проковки сердцевины слитка и придания необработанной заготовке требуемой предварительной формы.

Черноваяковка проводится при значительной деформации металла. Сюда можно отнести черновую проковку ребер, сбивку углов, ортогональную протяжку.

Завершает изготовление ювелирного или художественного изделия окончательнаяковка. Как ее еще называют – чистоваяковка. Это один из немногих методов обработки металлов, который невозможно заменить никакой другой обработкой.

### 4.1 Понятия технологического процесса, операций и приемовковки

Технологический процесс – это совокупность действий людей, оборудования и инструмента, связанных с изменением формы, размеров и свойств заготовки, начиная от разделки металла до получения готового изделия.

Технологический процесс состоит из ряда операций – законченных частей технологического процесса. По функциональному признаку операции можно классифицировать следующим образом: предварительные, основные, вспомогательные и отделочные /8,10/.

К предварительным операциям относятся: отрубка, отрезка,

надрубка, надрезка и вырубка.

Надрезка и отрезка осуществляется режущим инструментом с удалением части металла в отход – на токарном станке, фрезерном, газорезом и т.д. При отрезке заготовка отделяется полностью, при надрезке частично и потом обламывается. Этот процесс оставляет хороший торец, однако очень трудоемок и приводит к отходу металла. Надрубка и отрубка аналогичны, но производятся в нагретом состоянии металла, не предусматривают отхода и весьма эффективны. Процесс вырубки относится к получению заготовок из плит, путем контурного отделения заготовки от исходного металла. Все эти процессы служат для получения заготовок.

Основные операцииковки подвергают заготовку пластическому формоизменению с целью получения поковки требуемых форм и размеров. К ним относятся: протяжка, раскатка, осадка, высадка, проколка, прошивка, пробивка, раздача, гибка, торсировка, кузнечная сварка /5,8/.

Протяжка (рис 4.1) – операцияувеличения длины всей заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения. Эта операция применяется при получении поковок типа стержня – круглых, квадратных и плоских, возможно с утолщениями по длине.

Художественная обработка металлов давлением

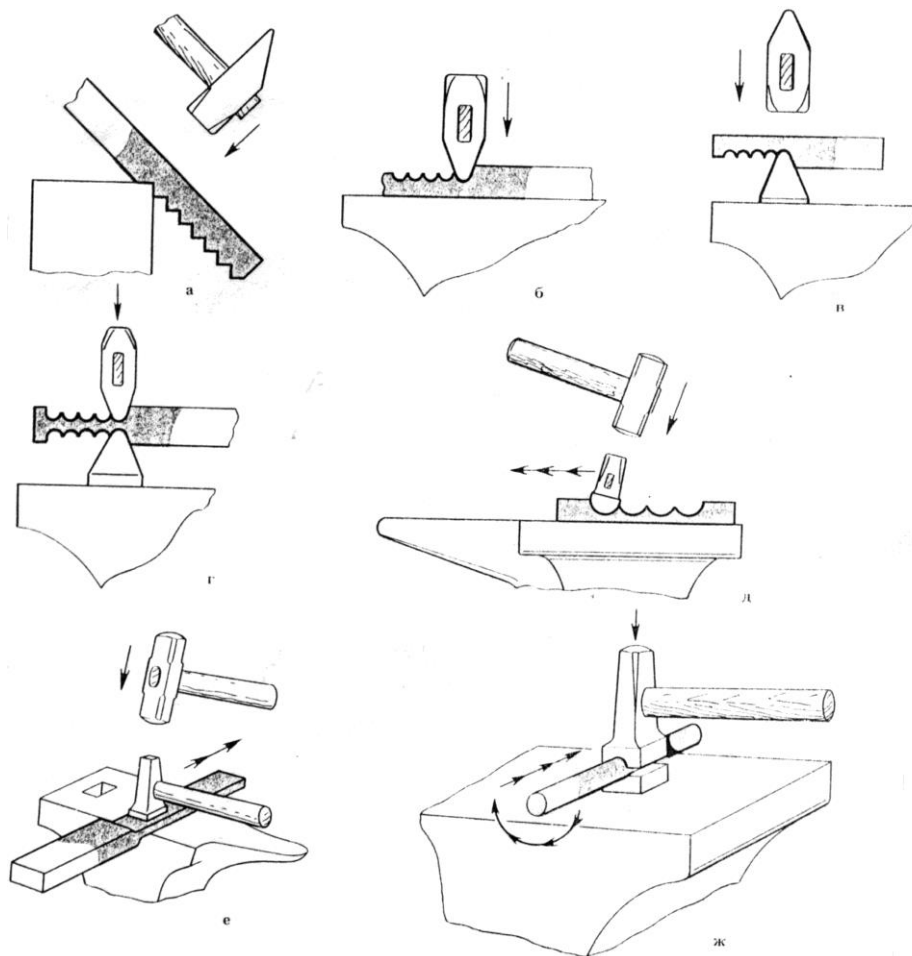


Рис. 4.1 Протяжка: а- на ребре наковальни; б – при помощи задка кувалды; в- при помощи задка подбойника; г – на парной подбойке; д – с верхней подбойкой; е - при помощи гладилки; ж – в оправках [7/]

Раскатка – операция аналогичная протяжке, применяемая для увеличения диаметра кольцевых заготовок, за счет уменьшения площади поперечного сечения их стенок.

Осадка (рис 4.2) – основная кузнечная операция, обратная протяжке. Здесь уменьшают высоту всей заготовки, за счет увеличения площади ее поперечного сечения. Нагретую заготовку

## Художественная обработка металлов давлением

устанавливают вертикально на наличник наковальни, поддерживая клещами за середину, наносят по верхнему торцу удары молотом, с нарастающим усилием. С ударами высота заготовки уменьшается, а площадь поперечного сечения увеличивается. При этом заготовка приобретает бочкообразную форму. Это не является эффективным проявлением процесса, однако при художественной обработке, такой эффект можно весьма оригинально использовать.

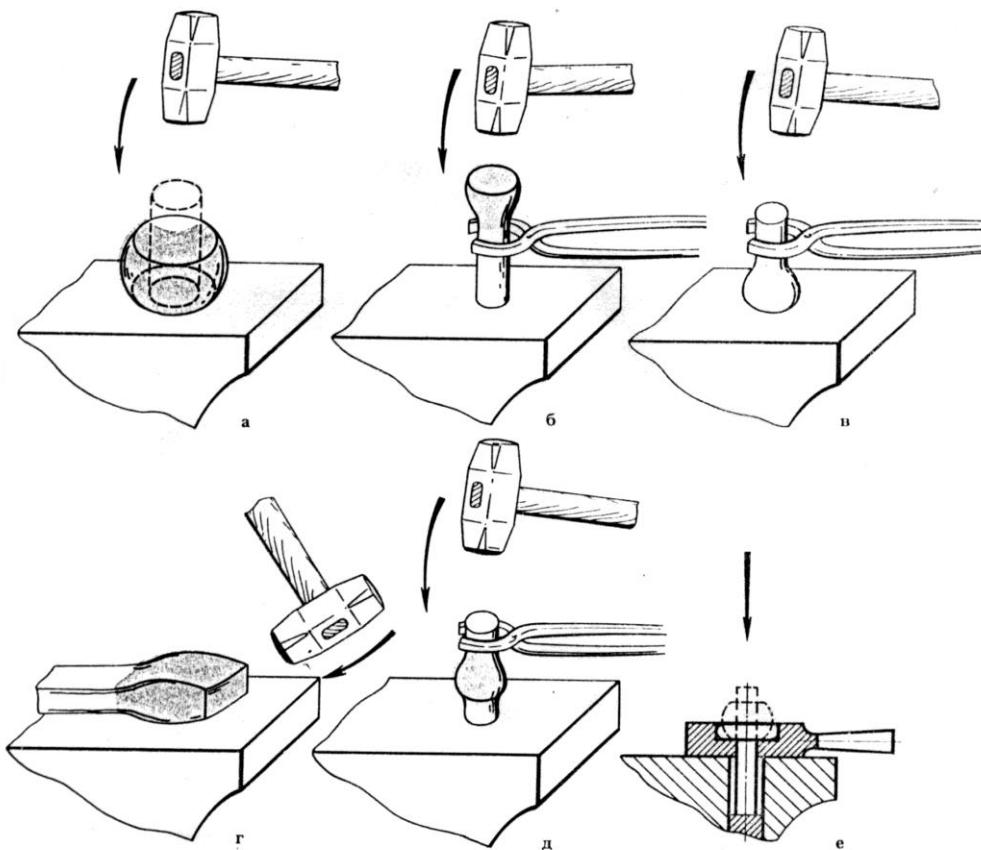


Рис.4.2 Осадка и высадка: а- осадка цилиндрической заготовки; б,в - высадка верхней и нижней частей заготовки; г – высадка конца плоской заготовки; д – высадка средней части заготовки; е – высадка головки в гвоздильне

## Художественная обработка металлов давлением

Высадка – уменьшение высоты части заготовки, при увеличении площади поперечного сечения этой части. Эту операцию можно назвать локальной осадкой /8/. Для получения изделий типа стержней с головкой, например заготовок под верхушки оград или решеток, производят высадку конца заготовки. При необходимости получения поковки с утолщением в средней части, ее так же высаживают, применяя специальный инструмент.

Часто встречаются операции получения отверстий в поковках. К ним следует отнести – проколку, пробивку и прошивку.

Проколка – операция выполнения отверстия в поковке без удаления металла в отход. Выполняется с применением разновидности накладного инструмента – кузнечного шила (см. раздел 4.2). С помощью этой операции получают отверстия в поковках толщиной до 25 мм. Однако качество отверстия, полученного данным образом невелико.

Пробивка – выполнение в заготовке отверстия с удалением металла в отход. Этой операцией получают отверстия заданной формы – круглые, шестигранные, квадратные и т.д. Качество, получаемых отверстий намного выше, чем при получении их проколкой, однако это требует применения достаточно сложного инструмента. Этой операцией получают отверстия в более толстых заготовках.

Прошивка – операция получения несквозных отверстий, за счет свободного вытеснения металла кузнечным инструментом – прошивнем. Прошивка может служить предварительной операцией перед пробивкой глубокого отверстия и дальнейшей раскатки.

Раздача – увеличение поперечного сечения отверстия при одновременном воздействии кузнечного инструмента - раздатчика, по всему периметру сечения. При небольшом увеличении отверстия эту операцию называют калибровкой.

Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки, или придание ей криволинейной формы.

Торсировка – или скручивание – осуществляют поворотом части заготовки вокруг ее продольной оси. Этой операцией позволяют получать поковки спиральной формы из плоских и квадратных в сечении заготовок.

Кузнечная сварка – получение неразъемных соединений в результате соединения двух или нескольких заготовок.

Пережим - это формирование в поковке углубления, когда уменьшают ее сечение, путем внедрения инструмента. При этом последующие формообразующие операции становятся ме-

нее энергоемкими.

Сбивка углов - это операция, при которой ударным кузнечным инструментом деформируют острые углы у заготовок квадратного или прямоугольного сечения /5/.

В завершающей части работы проводят отделочные операции. Отрубкой удаляют излишки металла и заусенец. Правкой устраняют искажение формы поковки для ее полного соответствия эскизу. Правку осуществляют в горячем и холодном состоянии. Операция проглаживание устраняет неровности поверхности поковки при помощи гладилок. Вариантом проглаживания является калибровка, применительно к имеющимся в поковке отверстиям.

Все операцииковки состоят из приемов – отдельных действий и перемещений заготовки и инструмента. Существуют следующие приемы проведения кузнечных операций /5/.

Переход – часть операции, которая проводится без замены кузнечного инструмента и перестановки заготовки.

Проход – последовательные однотипные удары молотом по заготовке, в результате которых она пластически деформируется при осуществлении одной из основных операций.

Кантовка – часть операции, состоящая из поворота заготовки вокруг оси.

Подача – часть операции, состоящая из продольного или поперечного перемещения заготовки во время прохода или между переходами.

Осуществление основных операций может происходить при использовании одного или нескольких приемов.

## **4.2 Оборудование, инструмент и приспособления для художественной ручнойковки**

Инструмент дляковки /13/ можно разделить на группы по своему функциональному назначению: опорный, ударный, подкладной, накладной и вспомогательный.

Опорный инструмент представлен наковальнями и шпераками (рис. 4.3).

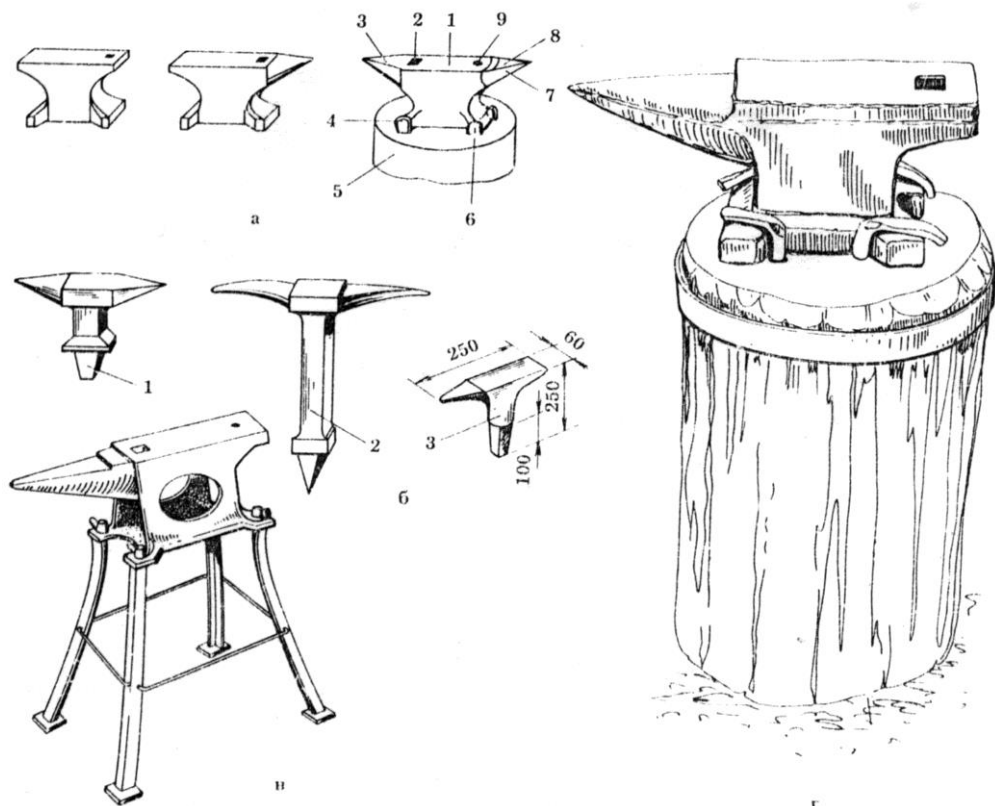


Рис. 4.3 Наковальни «а» и шпераки «б»: а - безрогая, однорогая и двурогая наковальни (1-лицо; 2- квадратное отверстие; 3- хвост; 4-скобы; 5- стул; 6- лапы; 7 – конический рог; 8 – незакаленная площадка; 9 – круглое отверстие; 1- шперак вставляемый в наковальню; 2 – вбиваемый в землю; 3 – для мелких работ; в – переносная наковальня; г – наковальня, укрепленная на стуле /7/.

Наковальня – основной опорный инструмент, на котором производятся практически все операцииковки. Наковальня представляет собой массивную металлическую опору. Различают однорогие, безрогие и двурогие наковальни. Наиболее распространен однорогий тип с коническим, круглым рогом для таких операций, как гибка по радиусу и раскатка. Противоположный край рогу, называют хвостом, он служит для гибки поковок, под

## Художественная обработка металлов давлением

прямым углом. Верхнюю плоскость наковальни – наличник, снабжают двумя отверстиями – круглым и квадратным. В квадратное отверстие вставляют хвостовики подкладного инструмента, над круглым отверстием производят операции, требующие проникновения инструмента через заготовку (например пробивка). Наковальня устанавливается строго горизонтально, в 700 – 800 мм от уровня пола. Для гашения динамики удара устанавливается на массивную опору, обычно деревянную.

Шпераки – маленькая, чаще двурогая наковальня, весом не более 4 кг. Имеет разнообразный профиль и при художественной ковке имеет широкое применение. Используется для гибки, правки и выколотке различных орнаментальных элементов. Хвостовиком шперак устанавливается в квадратное отверстие наличника наковальни.

Ударный инструмент ручнойковки представлен кувалдами и ручниками (рис. 4.4).

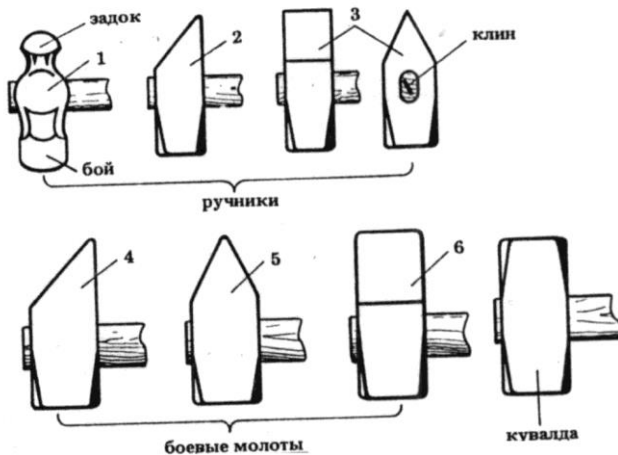


Рис. 4.4 Ударный инструмент: 1- с шаровым задком; 2,4 – с клиновидным односторонним задком; 3,6 – с двусторонним продольным задком; 5- с двусторонним поперечным задком/7/

Кувалда - полное название – боевой двуручный молот (не потому, что использовался в бою, а потому, что им осуществляется бой, и держат кувалду, при работе, только двумя руками). Вес



## Художественная обработка металлов давлением

бойка молота от 2 до 16 кг. По силе удара различают: локтевой – легкий, плечевой – средний и навесной удар, когда кувалда описывает в воздухе полный круг (рис. 4.5). Кувалда имеет оба плоских бойка или один клиновидный с продольным или поперечным расположением.

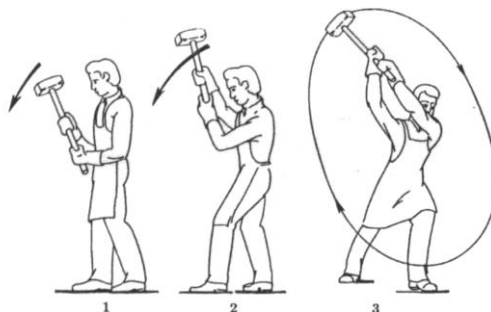


Рис. 4.5 Виды удара молотобойца: 1 – локтевые, 2 - плечевые, 3- навесные /7/

Ручник или молоток кузнеца – относится к основному кузнечному инструменту. Вес его бойка составляет не более 2 кг. Им производятся мелкие работы, а так же он служит для передачи указаний от кузнеца к ковалю или молотобойцу.

Подкладной инструмент и накладной инструмент представлен следующими разновидностями.

## Художественная обработка металлов давлением

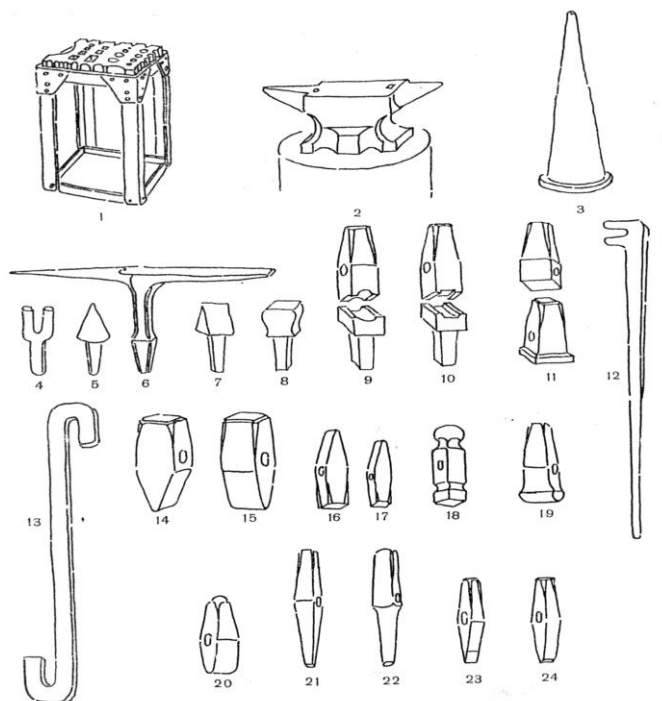


Рис. 4.6 Основной инструмент для ручной и свободной ковки /3/.

1-кузнечная форма; 2 – наковальня; 3 - рог для правки колец; 4 –вилка вертикальная; 5-круглая конусная оправка; 6 – шперак; 7 – подсечка; 8 – подбойка; 9, 10 – обжимки; 11 – гладилки; 12-вилка горизонтальная; 13- вилка для закручивания; 14-кувалда остроноса поперечная; 15 – кувалда остроноса продольная; 16, 17 - ручки; 18 – ручник с шарообразным задком; 19 – полукруглая гладилка; 20 - раскатка; 21 – пробойник квадратный; 22 – пробойник круглый; 23 – кузнечное зубило для горячей рубки; 24 – кузнечное зубило для холодной рубки.

Топор, зубило и подсечка – применяют для разделительных операций. Зубила, топоры называют еще накладным инструментом. Весь он снабжен рукоятками, для удержания во время работы. Подсечка – типичный представитель подкладного инструмента имеет четырехгранный хвостовик, который вставляется в от-

## Художественная обработка металлов давлением

верстие наличника наковальни. Зубило так же используется при насечке узоров.

Пробойники – инструмент, служащий для пробивки отверстий. Имеют разнообразные сечения рабочей части. Используются для выполнения декоративных подзоров, решеток.

Обжимки (они же парный инструмент, когда и накладной и подкладной инструмент работает совместно) – состоят из двух частей верхника и нижника. Имеют самые разнообразные сечения рабочей поверхности – круглые, овальные, квадратные, шестигранные, фасонные. При помощи обжимок поковке придают правильную форму.

Подбойники – относятся к обеспечению вспомогательных операций. Применяются для облегчения и ускорения ручнойковки, а так же для образования перехватов, желобков, канавок, углублений.

Раскатки – одна сторона у них плоская, другая выпуклая. Служат для ускорения вытяжки или раскатки поковок.

Гладилки – служат для выглаживания поверхности поковок. Рабочая поверхность гладилки хорошо отшлифована, имеет плоскую или полукруглую поверхность.

Вилки – применяются для гибки и закручивания элементов поковки.

Вспомогательный инструмент – применяют для облегчения ковочных операций и ускорения процесса.

Гвоздильня – предназначена для высадки фигурных головок у художественных или орнаментальных заклепок, гвоздей, метизных элементов.

Кузнечная форма – представляет собой массивную плиту с отверстиями и ручьями. Служит для получения фигурных отверстий, гибки, получения поковок заданных форморазмеров.

При художественной ковке применяют различные оправки. Фасонные и профильные оправки служат для производства элементов эскизной модели художественного изделия.

Плита со штырями, при наличии возможности изменения их положения применяется при гибке завитков, кривых прутков и полос. Набрав шаблон, посредством расположения штырей, заготовку огибают между ними, получая требуемую форму поковки.

Инструмент, при помощи которого заготовку удерживают и поворачивают, во времяковки называют клещами.

В зависимости от конфигурации поковок, клещи имеют раз-

## Художественная обработка металлов давлением

ные формы губок, из расчета прилегания их по всей длине сцепления.

Рукоятки стержней изготавливаются пружинящими, чтобы они могли удерживаться одной рукой. Для фиксации зажима заготовки на рукоятки клещей насаживают зажимное кольцо – шпандырь /13/.

В качестве вспомогательных инструментов, используемых в ковке относятся кронциркули и нутромеры. Кузнечные кронциркули допускают установку до четырех размеров. Для контроля и проверки размеров поковки применяют калибр – гребенку – стальную удлиненную пластину с вырезами по сторонам. Каждый вырез делается с учетом теплового уширения – 1%.

Художественная обработка металлов давлением

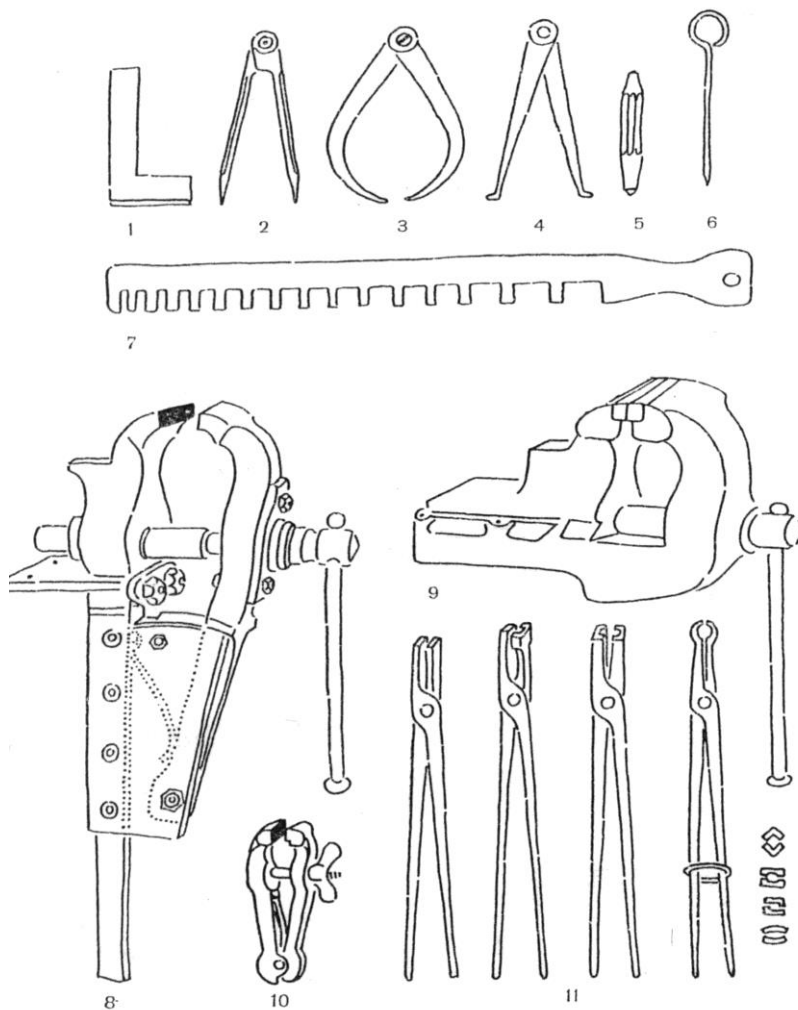


Рис. 4.7 Вспомогательный инструмент для ручной свободнойковки:

1 – угольник; 2- циркуль; 3 – кронциркуль; 4 - нутромер; 5 – керн; 6 – чертилка; 7 - калибр – гребенка; 8 – столовые тиски; 9 – параллельные тиски; 10 – ручные слесарные тиски; 11 – кузнечные клещи с различными формами губок и зажимным кольцом /3/

При изготовлении больших партий поковок используют специальный инструмент и приспособления, значительно повышающие производительность труда, например набор нижников.

Дляковки поковок значительных размеров приходится использовать приводные молоты. Например, рессорный молот, у которого приводной вал вращает эксцентрик и посредством шатуна сообщает движение рессорному коромыслу /13/. Последнее приводит в возвратно – поступательное движение бабу молота с верхним бойком.

Винтовые и пневматические прессы с ручным приводом применяются для гибки, формовки, пробивки.

Полное представление о машинах, используемых при осуществлении художественнойковки можно получить изучая литературу по кузнечно – штамповочному оборудованию /14/.

### **4.3 Нагрев металлов. Виды и конструкции горнов**

Важная и ответственная операция, от которой зависит качество изделий и стойкость инструмента, это нагрев металла.

С целью повышения пластичности металла и снижения сопротивления деформирования его нагревают до, так называемого ковочного интервала /5,7/ - диапазона температуры, при котором процессковки идет в оптимальном режиме. Температурный интервалковки зависит от химического состава и структуры обрабатываемого металла. Ковать заготовку следует после достижения ее равномерного разогрева до температуры началаковки. Прекращатьковку надо по достижению поковкой температуры концаковки, т. е. в температурном интервале /5/.Нагрев металла до более высокой температуры приводит к пережогу, в результате чего металл приковке разрушается. Если продолжать проводитьковку после того как заготовка остынет ниже температуры концаковки, то это может привести к трещинам и как результат к браку поковки.

Мастер художественнойковки поставлен обычно в такие условия, что большую часть инструментов ему приходится делать самому. В этом деле не обойтись без закалки — самого обычного способа обработки стали. Основная цель такой обработки — получить сталь с наивысшей твердостью. Закалка состоит в медленном и равномерном нагреве стали до температуры за-

## Художественная обработка металлов давлением

калки и в быстром охлаждении. Быстрое охлаждение необходимо для того, чтобы предотвратить изменения в металле, происходящие при медленном охлаждении, т. е. выделение фермента и превращение аустенита в пермит. Весь аустенит при закалке превращается в мартенсит, который после цементита является самым твердым и хрупким компонентом. Способ охлаждения зависит

прежде всего от марки стали.

Используемые охлаждающие среды имеют различную охлаждающую способность. Наибольшую скорость охлаждения обеспечивает холодная вода, более умеренную — масло, а самую умеренную — воздух. Охлаждающую способность воды можно увеличить присадкой поваренной соли либо соляной кислоты (приблизительно 1:10), а уменьшить — нагревом или подмешиванием известняковых веществ. При движении охлаждающей среды увеличивается ее охлаждающее действие. Углеродистые стали охлаждают в воде, легированные — в масле, а высоколегированные — в потоке воздуха. У инструмента, используемого в художественной ковке или слесарном деле, закаливают, как правило, только рабочую часть, которая непосредственно

служит для обработки изделия.

Как уже было отмечено, закалка характеризуется превращением аустенита в твердый и очень хрупкий мартенсит. При слабом нагреве мартенсит переходит в другие структурные составляющие — бейнит, троостит или сорбит, которые, хотя и не так тверды, как мартенсит, но и не хрупки. Закаленный инструмент в таком состоянии называют отпущенным. Инструмент, нагреваемый под закалку, охлаждают не весь, а только его рабочую часть. После охлаждения инструмент вынимают из охлаждающей жидкости и зачищают на камне. На очищенном месте наблюдают цвет металла, изменяющийся за счет теплоты от еще нагретой части инструмента (см. таблицу). Когда появится необходимый цвет, закаленную часть инструмента опять опускают в охлаждающую жидкость и дают охладиться всему инструменту.

Шкала температур и цвета стали при закалке и отпуске, разработанная чешскими мастерамиковки:

Температура, °С	Цвет нагретой стали
-----------------	---------------------

## Художественная обработка металлов давлением

405	Красный, едва видный в темноте
480	Светло-красный, видный в полумраке
530	Темно-красный, видный на свету
535	Красный, видный при солнеч- ном свете
576	Красный, цвета темной вишни
580	Красный, цвета среднеспелой вишни
746	Вишнево-красный
800	Красный, цвета спелой вишни
843	Светло-красный
900	Красный (средней яркости)
940	Ярко-красный
1000	Лимонно-желтый
1080	Светло-желтый
1209	Желто-белый
1400	Ярко-белый
1660	Ослепительно, бело-голубой

**Цвет стали при отпуске**

220	Яркий, соломенно-желтый
230	Соломенно-желтый средней яркости
240	Соломенно-желтый
245	Темно-соломенно-желтый
250	Темно-желтый
255	Желто-бурый
260	Буро-желтый
265	Красно-бурый
276	Пурпурный
282	Ярко-пурпурный
287	Ярко-голубой (слегка)
293	Ярко-голубой (полностью)
305	Глянцево-голубой
315	Темно-голубой



## Художественная обработка металлов давлением

Для изготовления декоративных замков, щитов, петель, листьев и цветов требуется материал очень пластичный и мягкий. В этом случае поможет отжиг. Обрабатываемый материал нагревают при температуре 650-720°C в течение 2–3 ч. В условиях, когда нет электрической печи, нагрев производят в горне, используя древесный уголь, под который понемногу вдувают воздух. Охлаждать материал следует как можно медленнее. При использовании электрической печи материал охлаждают вместе с печью после ее выключения. Если отжиг производят на древесном угле, то наилучшей средой является просеиваемая зола. Зола подогревают в горне, в нее закапывают отжигаемую заготовку и оставляют остывать. После такой обработки материал становится очень тягучим и из него можно получать самые сложные формы. Если требуется размягчить медь, то поступают наоборот. Медь нагревают до 500-600°C и быстро охлаждают в воде. Материал получается при этом очень тягучим.

Устройство для нагрева металла называется кузнечным горном. В художественной ковке он применяется для нагрева заготовок массой до 20 кг. Существует несколько видов кузнечных горнов: переносные, стационарные, открытого и закрытого типов /15/, одноогневые и многоогневые, для работы на жидком, твердом и газообразном топливе.

Конструкция стационарного горна на твердом топливе /7/ (Рис. 4.8)

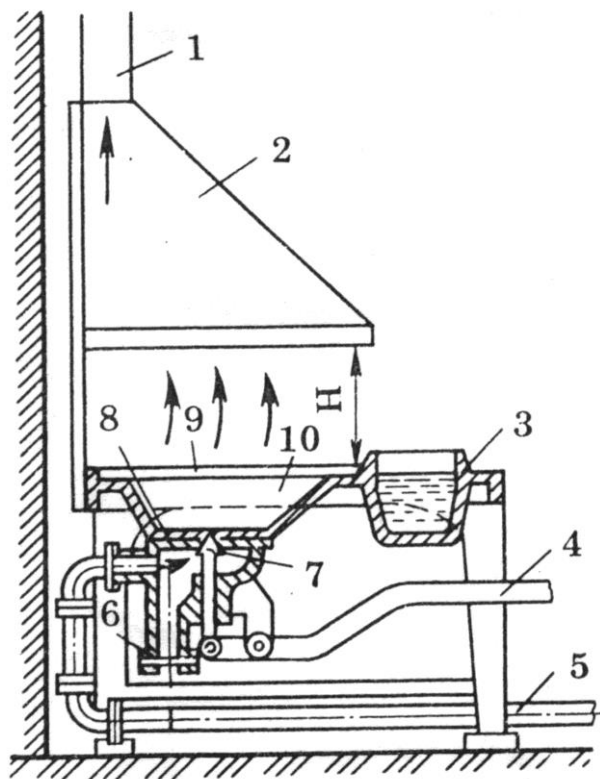


Рис.4.8 Оборудование для нагрева заготовок: 1 – вытяжная труба; 2 – зонт;

3 – бачок с водой для охлаждения инструмента; 4 - рычаг для регулирования подачи воздуха; 5 – воздухопровод; 6 – заслонка; 7 – конический наконечник;

8 – фурма; 9 – литой стол; 10 – очаг /7/

состоит из стола, где устанавливается очаг для нагрева заготовок. Высота стола горна определяется удобством переноса заготовок из горна на наковальню. Центральное место стола занимает очаг, ил горновое гнездо, размеры которого определяются назначением горна и средним размером заготовок. На дне очага располагается фурма, обеспечивающая подачу воздуха в зону горения и удаления шлака.

Воздух в зону горения подается с целью повышения

## Художественная обработка металлов давлением

температуры в очаге и обеспечения более полного сгорания топлива. Воздух подводится через воздухопровод и колосниковую решетку в зону горения. Регулирование воздушного потока обеспечивается заслонкой или вентилем. Для очистки корпуса фурмы от шлака предназначена донная крышка. Для сбора и отвода из кузницы газообразных продуктов горения устанавливается труба и вытяжной зонт.

Кузница на одну наковальню предусматривает наличие горна с компрессором, на расстоянии около 2 метров от горна устанавливается наковальня и располагается так, чтобы ее рог находился слева от кузнеца.

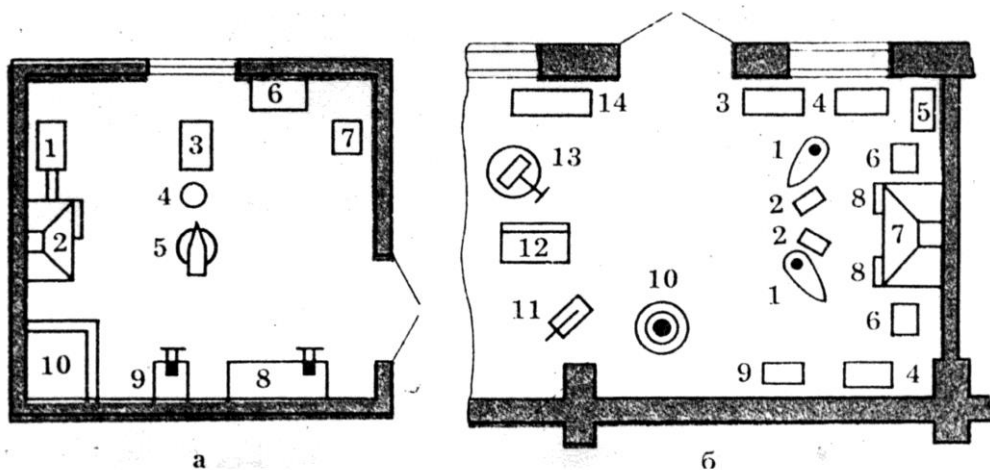


Рис. 4.9 Размещение оборудования и инструмента в кузнице: а – кузница на одну наковальню (1 – вентилятор; 2 – горн; 3 – стол для инструмента; 4 – бачок с водой; 5 – наковальня; 6 – шкаф для инструмента; 7 – точило, верстак; 8 – кузнечные тиски; 9 – верстак; 10 – кузнечные тиски; 10 – ящик для угля) б – кузница на две наковальни (наковальня; 2 – стол для инструмента; рабочие столы; 5 – шкаф; 6 – бочка с водой; 7 – горн; 8 – вешалки для клещей; 9 – точило; 10 – пневматический молот; 11 – ручные ножницы; 12 – правильная плита; 13 – ступовые тиски; 14 – стеллаж для заготовок) /7/.

Вокруг наковальни предусматривается свободное место, чтобы коваль имел свободу движений. Рядом с наковальней расположен бачок с водой для заковки изделий (рис.4.9). Кузнечный

## Художественная обработка металлов давлением

инструмент, необходимый для выполнения конкретных технологических операций расположен на столе. В более доступном месте кузнечный инструмент, необходимый для выполнения конкретных технологических операций расположен на столе. В более доступном месте располагаются часто востребованные инструменты – ручки, зубила, клещи. Запасной и редко используемый инструмент хранят в шкафу. Около горна располагают ящик с углем. У стенки устанавливают тиски и слесарный верстак /7/.

## 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДИФОВКИ

Дифовка - это первый, созданный человеком, процесс обработки листового металла давлением. От свободнойковки дифовка отличается тем, что она производится в холодном состоянии при использовании листа толщиной порядка 2 мм.

Задача этой технологии – создание из листового металла полого объемного изделия. Получение объемной формы из плоской заготовки осуществляется тремя процессами, которые в различных чередованиях и комбинациях составляют ручную выколотку (дифовку).

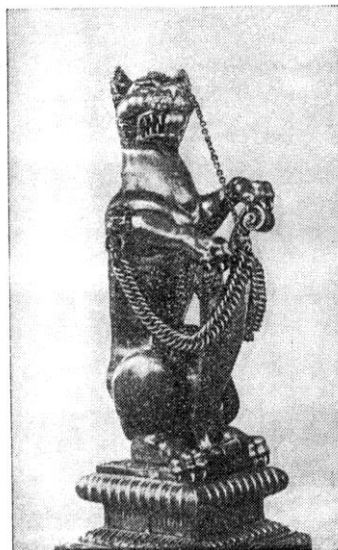


Рис. 5.1 Серебряный барс, выполненный дифовкой: 1600-1606 гг.

Англия. Государственная Оружейная палата



Рис. 5.2 Стальной рыцарский доспех. XV век.

Государственная Оружейная палата

Первый процесс — это расплющивание заготовки, лежащей на стальной наковальне, ударами стального молотка, т. е. увеличение площади за счет уменьшения толщины; происходит это, если молотком равномерно проходят по всей поверхности заготовки. Если же наносить удары на небольшом, ограниченном участке листа, не трогая его краев, то заготовка будет не только расплющиваться, т. е. уменьшаться по толщине в том месте, по которому наносится удар, но одновременно и деформироваться — образовывать сферическую поверхность, вогнутую со стороны удара. Это происходит потому, что нетронутые ударом части листа не дают материалу раздаваться в стороны.

Второй процесс — сгибание листовой заготовки, когда вогнутая сторона претерпевает сжатие, а выпуклая — растяжение. Сгибание производят стальным (или деревянным) молотком на ребре наковальни. Сгибание может происходить как под углом, так и по радиусу, как по прямой, так и по дуге и по сложной кривой. Это достигается тем, что в качестве опоры выбирают ребро фасонной наковальни, имеющее соответствующую форму; в последнем случае происходит уже не только сгибание, но и вытяжка металла.

Третий процесс заключается в осадке металла, когда в результате удара толщина (поперечное сечение) материала увеличивается. Для этого заготовка предварительно гофрится при помощи круглогубцев, а затем гофры осаживаются («выводятся»)

## Художественная обработка металлов давлением

стальным или деревянным молотком на наковальне. Этот процесс работы является наиболее сложным и требует от исполнителя соответствующих навыков. Гофры должны быть низкими и широкими — их легче осаживать. Высокие и узкие гофры при осадке нагоняются друг на друга, в результате чего образуются трещины и складки. Очень важно, чтобы гофры не были завалены на одну сторону или подсечены. Кроме того, губки круглогубцев или специальных гофрилок должны быть закалены и отполированы; иначе на поверхности металла в процессе гофрирования могут появиться повреждения.



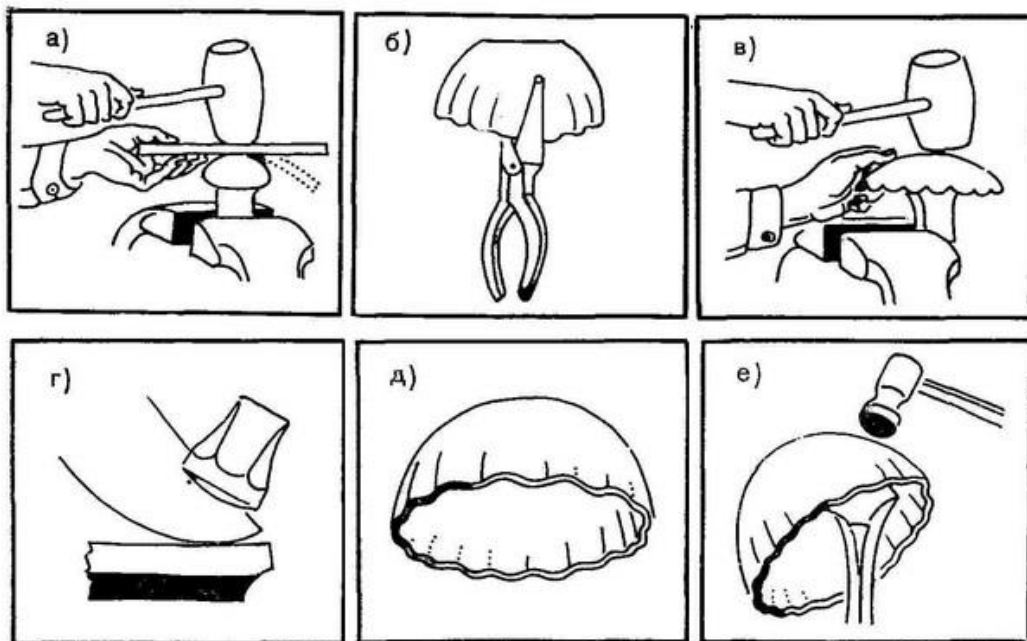


Рис. 5.3 Рабочее положение дифовщика и пример выколотки полушара: а) - выбивание небольшой выпуклости; б) - гофрирование края заготовки; в) - посадка гофров и осадка краев внутрь; г) - выколотка середины заготовки на плите; д) - заготовка с вторично нанесенными гофрами; е) - проглаживание полушара на круглой стойке молотком-гладильником

Инструмент, применяемый для дифовки, разделяют на ударный и опорный.

К ударному относят разнообразные по форме молотки (рис.5.4) с бойками из разных материалов. Материал бойка следует выбирать, более мягким, чем обрабатываемый лист. Это гарантирует меньшее упрочнение металла в результате обработки, а так же отсутствие царапин и рисок на поверхности.



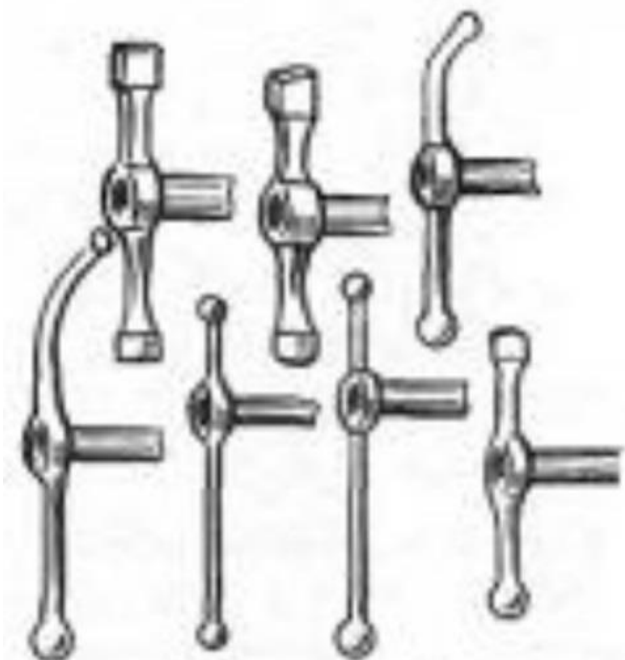


Рис. 5.4 Молотки для дифовки.

Бойки молотков используют из дерева твердых пород, твердой резины, текстолита, капрона, полиуретана, свинца, алюминия, меди. При обработке прочного листа, например нержавеющей стали, используют молотки со стальными бойками, однако при этом они должны быть тщательно отполированы.

К опорному инструменту относят различные по форме наковальни и плиты, на которых производят правку и гибку под углом. Шпераки, имеющие обычно два плеча с разнообразными формами рабочих участков. Стойки прямые и изогнутые для обработки сложных изделий. Амбусы – массивные стойки с выпуклой поверхностью, которые используют для выколотки и проковки (рис.5.5). Скребки – используют для загибки, подсечки и клепки швов. Они бывают односторонние, двухсторонние, прямые и радиусные. При работе опорный инструмент следует зажимать в ступовые тиски, или забивать в массивную деревянную опору.

Кроме основных инструментов следует использовать весь набор слесарных инструментов – напильники, шаберы, плоскогубцы, круглогубцы, гофрилки, ножницы.

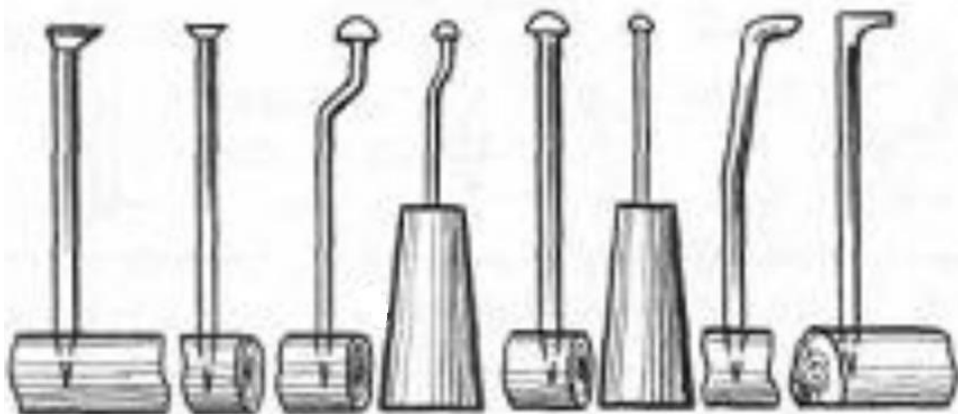


Рис. 5.5 Вертикальные стойки

## 6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС МЕТАЛЛОПЛАСТИКИ

В металлопластике форму изделию придают за счет плавных деформаций листового металла специальным инструментом – стеками.

Применяют листовый металл толщиной до 0,5 мм. Оптимальная толщина 0,2 - 0,4 мм, т.к. при толщине менее 0,2 мм металл рвется от стеки, а при толщине более 0,4 мм лист трудно деформировать рукой.

Набор инструмента, необходимый для занятий металлопластикой, состоит из основных и вспомогательных инструментов.

К основному инструменту относятся стеки, выдавки и пуансоны.

Основная стека – контурная, или линейник, используется для выдавливания контура рисунка. Она представляет собой тупую иглу, скругленную радиусом 1 – 3 мм, которую используют для формирования контура рисунка, исполненного в контурной манере – без светотеней.

Давильные стеки используют для выдавливания объемов и канавок, а так же получения углублений для вставки отделочных камней.

Пуансоны различной формы – для обработки фона и нанесения орнамента и фактуры.

Из вспомогательных инструментов применяют различного вида подложки – резину, линолеум, войлок, драп, фетр, сукно, деревянную доску для нанесения просечек.

Для обеспечения технологического процесса металлопластики, инструмент держат в кулаке правой руки (рис.6.1), слегка наклонно к себе, под углом 30 град. И ведут его по направлению к себе /10/. Чтобы инструмент, особенно линейник не вилял, направляют его указательным пальцем левой руки, придерживая, и если нужно, усиливая давление на металл.

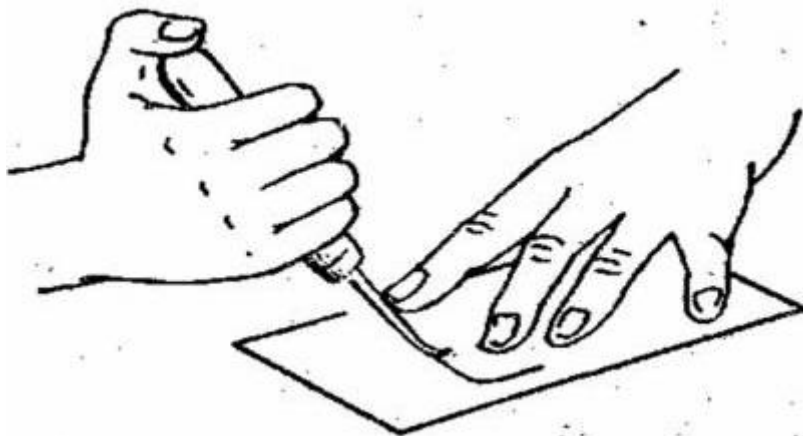


Рис.6.1 Положение рук и инструмента при металлопластике.

Технологический процесс металлопластики следует начинать с отжига заготовки. При сложных работах отжиг повторять несколько раз. Отображаемый рисунок выполняют на бумаге в контурной манере и в зеркальном изображении переводят на металл. Допускается нанесение рисунка на пластину непосредственно карандашом.

Контур рисунка обводят линейником. Для обеспечения качественной обводки пластину располагают на куске линолеума. Затем пластину переворачивают лицевой стороной наверх и, той же стеклой, отступя на 1 мм, проводят дубль-контур. Это линия, проведенная с отступом на 1 мм, от основной.

Затем пластину переносят лицевой стороной вверх, а фон рисунка выравнивают гладилкой. После этой операции, рельеф увеличивается и рисунок четко выступает над фоном /3/.

Следует учитывать, чем тверже подкладка, тем линия тоньше, резче и менее высокая по рельефу /4/.

Готовый рельеф заполняют гипсовым раствором или специальной мастикой для защиты его от возможных деформаций. Состав мастики в весовых частях: канифоли - 30, воска - 2, стеарина - 2.

Массовым вариантом металлопластики является самостоятельный вид художественной обработки металла давлением – басма.

Здесь необходимо использовать басменные доски –

## Художественная обработка металлов давлением

матрицы для тиснения, представляющие собой рельеф без острых краев. Это первичные штампы для формовки.

Доска изготавливается резчиком из твердых пород древесины или литьем из медных сплавов, с последующей чеканкой

На доску кладут подготовленный металл, сверху накладывают прокладку из свинца или из штамповой резины. На прокладку оказывают давление винтовым прессом. Под действием технологического усилия, свинец вдавливаются во все углубления матрицы – доски. Заготовка повторяет рельеф доски. После тиснения свинец удаляют с матрицы и снимают готовое изделие.

## 7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЧЕКАНКИ

Понятие чеканка произошло от французского слова, означающего «резец». Первоначально под этим понимали процесс окончательной обработки литья и доработки отлитых заготовок /10/.

В настоящее время чеканкой называют вид художественной обработки металлов давлением специальными пуансонами – чеканами, в результате чего заготовка принимает рельефное изображение, без изменения толщины металла /4,5/.

Сущность процесса заключается в том, что в результате оказанного на чекан удара молотком на металле остается след, по форме боя чекана. Многократными ударами чеканов выбивают заданный рисунок /8/.

Художественные произведения, выполненные в технике чеканки похожи на металлопластику. Однако основным отличием является то, что деформация металла осуществляется ударными нагрузками.

Чеканы представляют собой кованые стальные стержни длиной, порядка 150 мм круглого или восьмигранного сечения для лучшего удержания в руке.

При работе чекан необходимо держать в левой руке тремя пальцами, опираясь безымянным пальцем на материал, несколько отклоняя назад, чтобы его рабочая поверхность – «бой» - была косо приподнята. Вследствие этого, при ударе чеканочным молотком по противоположному торцу чекана, на металле остается дорожка, формой соответствующая бою.

Чеканный молоток держат в правой руке и наносят удары с его продвижением по заготовке.

Различают следующие группы чеканов /3,6,10/ (Рис.7.1):

- канфарники – чеканы с заостренным концом, в форме тупой иглы служащие для перевода рисунка с бумаги на металл и для отделки фона точками – канфарения;

- расходники – или обводные чеканы, предназначены для воспроизведения рисунка по точкам канфарника в виде сплошной линии;

- лощатники имеют плоский бой различной конфигурации, предназначены для выравнивания (лощения) фона. Фактура следа – матовая, шероховатая или кованая;

- пурошники – чеканы с круглой, сферической головкой.

## Художественная обработка металлов давлением

Служат для выколотки (подъема) сферических форм при чеканке с изнанки. Аналогичные чеканы с овальным, или продолговатым боем называют бобошниками или обжимными чеканами;

- трубочки – чеканы с вогнутой шаровидной поверхностью боя. Они образуют на металле выпуклый, шаровидный отпечаток;

- сечки - чеканы, заточенные, как зубильца. Служат для прорезки фона при ажурных работах;

- фигурные чеканы дают отпечаток или фрагмент рисунка.

В качестве подсобных материалов и приспособлений, используют чеканные молотки, приспособления для насмолки, брезентовые и кожаные мешки с песком, подложки различной пластичности, рихтовочные плиты и слесарный инструмент. Подробнее виды инструмента можно смотреть в рекомендованной литературе.

Технологический процесс чеканки разрабатывают в соответствии с эскизом художественного изделия.

Операции технологического процесса осуществляют в следующей последовательности.

Рисунок изделия выполняют на бумаге в натуральную величину в контурной манере (без теней).

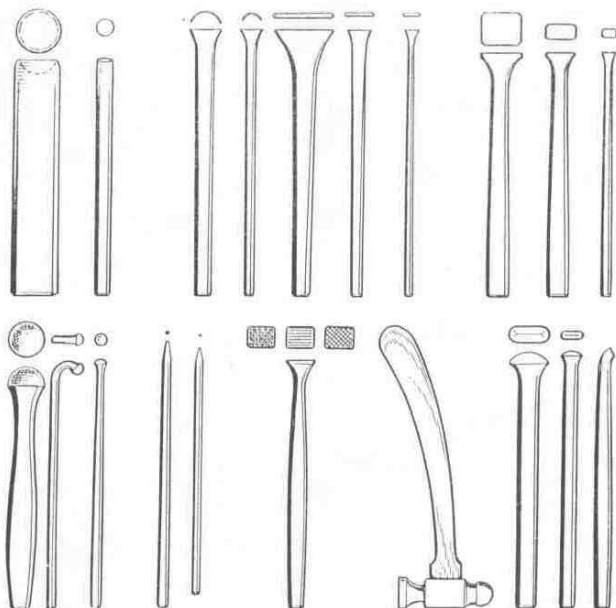


Рис. 7.2 Инструмент для чеканки (слева направо): трубочки, расходники, лощатники, пуансоны, чеканный молоток

При помощи кровельных ножниц из выбранного листового металла, вырезают заготовку, с припуском на сторону около 30..40 мм. Заготовку рихтуют и подгибают края для лучшей последующей насмолки.

Следующий этап – насмолка – классический способ фиксации заготовки. В упрощенной технологии он может отсутствовать. Для насмолки используют специальные доски с углублениями, которые до краев заливают расплавленной смолой. После остывания и затвердевания смолы, ее верхний слой оплавляют паяльной лампой или горелкой и накладывают сверху подготовленную заготовку. Основное внимание уделяют тому, что бы под нее не попал воздух, т.к. в противном случае это вызовет отслаивание металла от подложки.

Далее рисунок накладывают на заготовку и канфарником переводят рисунок на заготовку в виде точек. При канфарении следует строго следить за тем, чтобы в металле не были пробиты отверстия. Канфаренный рисунок обводят расходниками. Форму расходников подбирают в соответствии с конфигурацией рисунка.

После получения чеканного рисунка на металле проводят опускание и выравнивание фона вокруг рисунка посредством лощатников. В результате этого рисунок приобретает четкость.

Эти операции вызывают значительный наклеп металла. Для обеспечения дальнейшей работы необходим отжиг металла.

После прогрева пластины пламенем горелки снимают ее со смолы, нагревают до красного цвета и остужают. Медь, никель и их сплавы необходимо резко охлаждать, что повышает их пластичность /9/. Алюминий и его сплавы отжигают при температуре 300 – 350° С и охлаждают вместе с печью.

Следующая операция чеканки – выколотка рельефа. Операция заключается в подъеме и обработке рельефа. Рельеф необходимо чеканить с обратной стороны заготовки на различных подложках – резине, войлоке, мешках с песком. При этом следует производить последовательное, поэтапное выравнивание фона лощатниками.

После выколотки рельефа пластину отжигают вновь и дорабатывают на смоле.



### Художественная обработка металлов давлением

По окончании процесса пластину снимают со смолы и протравливают. Далее производят ее отделку химическими, механическими, гальваническими и другими методами /5,8,9/.

## 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ФИЛИГРАННИ

### 8.1 Технологические основы процесса

Весь технологический процесс производства филигранных изделий начинается из подготовительных операций /13/.

В начале разрабатывается проект филигранного изделия – шаблон под филигрань. Проект разрабатывается художником, перед его переводом в металл. Определяются составные части объема, составляется развертка изделия. Весь эскиз разбивают на элементы, устанавливают толщину и вид проволоки.

Сложный по конфигурации орнамент разбивают на серию простейших элементов. Короткий и простой отрезок проволоки легче подогнать к контуру линий рисунка. Это значительно повышает производительность и обеспечивает качество работы. При плотной установке места стыка отдельных элементов после пайки незаметны и не ухудшают восприятия изделия.

Далее идут операции заготовки скани. Материалами для изготовления скани служат золото, серебро и медь. Сплавы этих металлов обычно не применяют в виду их большой склонности к наклепу и меньшей пластичностью. Эти факторы затрудняют их волочение в виде проволоки, сучение и набор скани. Значительные проблемы возникают, при пайке элементов.

Чтобы избежать упрочнения проволоки при ее пластической деформации, ее периодически отжигают. Структура металла, при этом меняется /4/, проволока приобретает пластичность. Медь, серебро, золото – в такой последовательности они обладают меньшими способностями к нагартовке.

При предварительном нагреве проволоки, перед ее протяжкой, предпринимают меры для предотвращения ее оплавления. В частности – намотки на латунный ролик.

После отжига проволоку отбеливают в слабом растворе серной кислоты, промывают и сушат.

Заготовку для скани свивают и раскатывают в вальцах.

Свивание скани в прошлом осуществлялось на скальнице /6/. В настоящее время скань свивают на шпинделе двигателя – любого уровня привода (рис. 8.1).

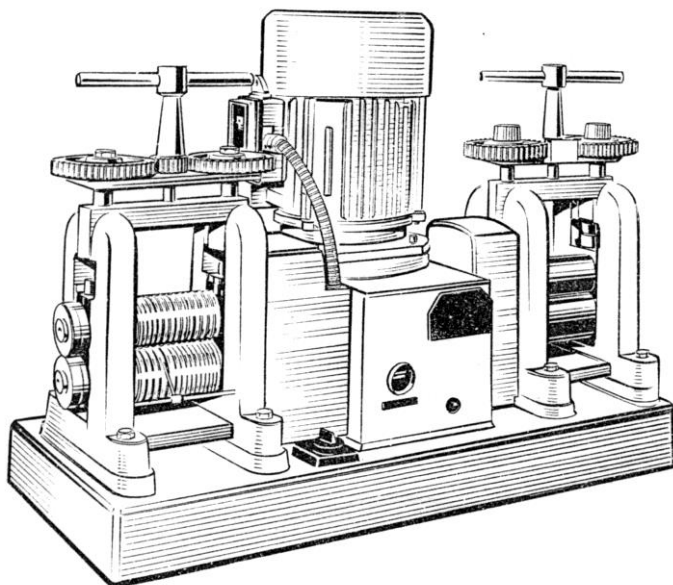


Рис. 8.1 Вальцы с электроприводом /6/

Необходимая степень свивания филиграни достигается в два приема между отжигом. Свитую скань прокатывают в плоских вальцах, вновь отжигают. Чем большая степень деформации скани, тем прочнее, изготавливаемое из нее изделие.

Для филиграни так же применяют гладкую - круглую проволоку. Ее называют гладью, она значительно обогащает рисунок изделия.

Шнуры для филиграни различают по толщине и рисунку. Простейший шнур вяют из двух и более проволок. Его не вальцуют, и в своем сечении он остается круглым. Сложные рисунки свают из трех и более проволок. Своеобразный характер приобретает шнур, свитый из проволок различной толщины. Значительно обогащает сканные работы еще более сложный рисунок – «плетенка», которую плетут, как косу из трех и более проволок. Плетенки заготавливают короткими отрезками, ибо плетение из длинных затруднительно.

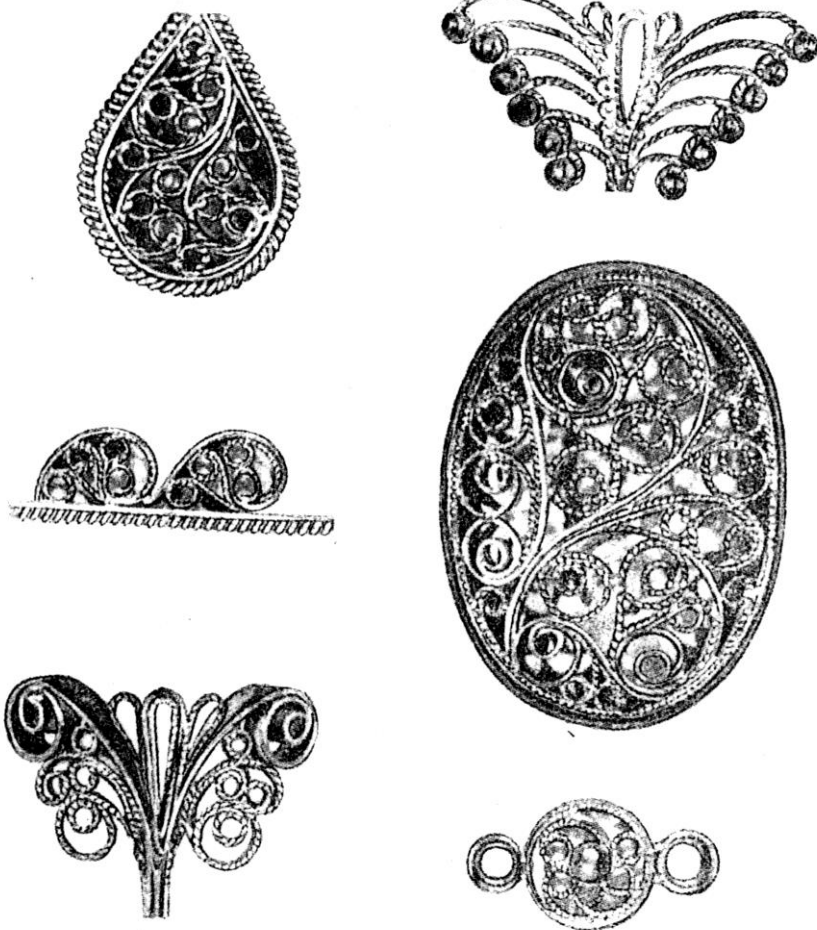


Рис. 8.2 Фрагменты филигранных изделий /6/.

Скани, или филигранные изделия, используют зерни – использование маленьких шариков в орнаменте рисунка, они обогащают линейный рисунок и напоминают жемчужные обниси в шитье.

Для приготовления зерни, используют следующую технологию.

Для обеспечения одинакового диаметра шариков зерни,

проволоку нарезают на одинаковые размеры. Практически, это делают, на свитой в пружину сканную проволоку, при разделе ее в диаметальной плоскости. Далее, смешав заготовки – колечки с угольным порошком, их нагревают в муфельной печи до оплавления. При этом колечки сплавляются в шарики одинакового размера.

## 8.2 Элементы ажурной и фоновой филиграни

Набор скани состоит из двух операций: выгибание каждого элемента рисунка в соответствии с эскизом и установки его на соответствующее место рисунка, а так же закрепление, например клеем.

Элементы филиграни разнообразны по форме, размерам, названию /11/.

Гладь – круглая проволока различной длины, сечением 0,2 – 1,3 мм. Если проволока сплющена с боков – она называется плоской гладью.

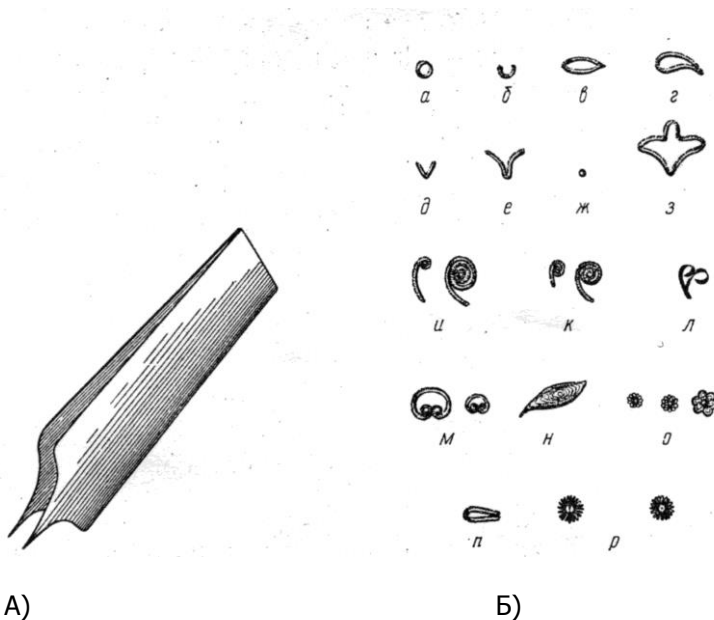


Рис.8.3 А – филигранный пинцет, Б – элементы филиграни

## Художественная обработка металлов давлением

: а – колечко, б – полуколечко, в – огурчик, г – грушечка, д – зубчик, е – развивашечка, ж – корнер, з – тройник, и – головочка, к – стенек, л – травка, м – завиток, н – листочек, о – розетка, л – лепесток, р – жучок /б/.

Веребочка – скрученный из проволок любого сечения жгут. Зернистая поверхность на ребрах такого узла, позволяет создать эффект зернистого шнура узора в украшении.

Шнур (жгутик) – элемент, скрученный из двух – четырех проволочек, или двух веревочек и проволоки, присутствует в верхнем наборе узора.

Плетенка – косичка, сплетенная из трех и более проволок. Часто используется в качестве ободка плоских филигранных украшений.

Елочка – две, лежащие рядом веревочки со спиралью, направленные в разные стороны, с незначительным, или сложным изгибом.

Круглая дорожка – растянутая спираль из круглой глади малого сечения. Применяется для выделения орнамента из общего узора. Смятая дорожка – поваленная, или сплюснутая спираль, кольца которой наваливаются одно на другое.

Зигзагообразная дорожка – зубчатая дорожка из плоской глади, круглой и плоской веревочки или змейки. Используется в качестве промежуточных элементов ажурной филигрании и фоновой.

Зернь – мелкие металлические шарики. Обилие зерни облагораживает изделие.

Колечко – круглый элемент из плоской и круглой глади, круглой или плоской веревочки. Используется для набора фона.

Полуколечко – часть колечка, используемое, как самостоятельный элемент для набора фоновой филигрании.

Репейчик – элемент, изготовленный из плоской или круглой глади малого сечения в виде колечка. Может исполнять роль цветка.

Звездочка – репейчик с большим числом полуколечек. Выступает самостоятельно или, как дополнение сложных деталей.

Огурчик – изготавливают из плоской или круглой веревочки. Используется, как элемент декора, в верхнем наборе узора.

Грушечка – каплевидный элемент, выполняется из плоской или круглой веревочки. Выполняется для заполнения пустот., в сочетании с полуколечком.

## Художественная обработка металлов давлением

Зубчик – согнутый из плоской или круглой веревочки элемент в виде зуба пилы или шестерни.

Развивашечка - тот же зубчик, но с загнутыми наружу концами, применяется при заполнении малых пространств.

Лепесток – изготовленный из плоской или круглой веревочки, элемент в виде лепестка ромашки.

Тройник – трилистник из плоской или круглой веревочки.

Головочка – элемент в виде перевернутой запятой, повторяемый элемент растительного узора. Похож на ягоду или цветок.

Травка – изготовленный из плоской глади или плоской круглой веревочки зубчик с удлиненными усиками со спиралью. Используется для изображения различных трав.

Завиток – набранный из плоской глади элемент, в виде дужки с загнутыми внутрь концами.

Листочек – плоская спираль, смятая с боков, в виде листочка. Этот элемент подвергается бухтировке, т.е. придания ему объемной формы живого листа.

Завивка – трилистник или пятилистник, спаянный из листов различной формы. Главный элемент декора верхнего набора.

Жучок – колечко из круглой дорожки с зернью в центре. Используется в виде цветов, в сочетании с завитками. Придает воздушность и легкость изделию.

Розетка – специальное колечко из смятой дорожки. После пайки его переводят в вогнутую чашку, с зернью внутри. Визуально похож на цветок или ягоду.

Барашек – две небольшие, расположенные зеркально, головочки.

Калачик – элемент, исполненный в виде калача. Используется для оконтуривания узора.

### 8.3. Основные операции, заготовка и набор скани

Набор скани по рисунку состоит из двух операций: выгибание каждого элемента рисунка из соответствующей проволоочной заготовки и установки элемента на место, с закреплением его, например клеем.

Все детали рисунка изготавливаются заблаговременно, а затем устанавливаются на место. Эту работу ведут при помощи инструмента – корнцанга /13/.

## Художественная обработка металлов давлением

Корнцанг представляет собой сложенную вдвое полосу шириной 10 – 15 мм и толщиной 1 -2 мм. Длина этого своеобразного пинцета достигает 100 -150 мм. Концы пинцета заостренны и слегка согнуты внутрь. Пинцетом работают, держа его в правой руке. Свободный конец проволоки придерживают указательным пальцем левой руки.

При серийном производстве изделий для заготовки отдельных элементов рисунка применяют различные приспособления /13/.

Для навивки колечек используют ригели – гладкие отрезки стальной проволоки различной толщины от 0,5 до 10 мм. Для формовки зубчиков - зубчатые вальцы, при пропускании через которые проволока приобретает зубчатые изгибы. Похожий эффект можно получить при прокатке слегка растянутой спирали. Лепестки розеток и другие сложные конфигурации получают при помощи плоскогубцев с губками специальной формы. Для производства сложных, часто повторяющихся элементов, применяют штампы.

Из первичных элементов набирают рисунок и устанавливают его на клей.

Напайную (фоновую) филигрань начинают с перевода рисунка на отожженную и отбеленную заготовку из листового металла. По конфигурации и размерам эта пластина должна соответствовать рисунку.

Набор начинают с установки главных, наиболее крупных элементов композиции, выполняемых из шнура, или, наоборот, с рамок по контурам рисунка. Если в рисунке предусмотрены вкрапления камней, то начинают с определения мест под касты. После этого устанавливают второстепенные элементы рисунка – скань или гладь из более тонкой проволоки. В конце определяют место тонким и мелким деталям, заполняющим рисунок. Набор заканчивают установкой зерни.



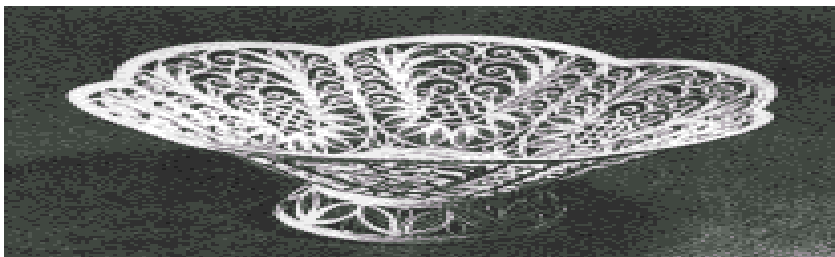


Рис.8.4 Вазочка. Медь. Серебрение, Филигрань. /16/

Как правило набор скани проводили на столярный или вишневый клей (камедь). При этом каждую деталь, смазанную клеем, устанавливали на соответствующее место. В настоящее время применяют современные клеи, которые быстро сохнут, прочно приклеивают скань к фону.

При наборе фоновых изделий, необходимо следить за тем, чтобы детали ложились на фон ровно, без зазоров, а так же плотно прилегали друг к другу, на сопрягаемых поверхностях. Это обеспечивает их надежное соединение с первого раза и делает место стыка незаметным.

При наборе зерни целесообразно канфарить фон. Это значительно облегчает набор и фиксацию зерни в рисунке.

Набор объемной фоновой филигрании осуществляют на предварительно выдавленные, или объемные формы – цилиндры, конусы, шаровые поверхности или более сложные формы – чеканные рельефы. По сравнению с плоской сканью, объемную форму, или рельеф делать сложнее. Ибо элементы рисунка при-

## Художественная обработка металлов давлением

ходится предварительно изгибать по форме для прилегания фона. При изготовлении изделий имеющих кривизну, используют набор скани из плоских разверток этих фигур. После пайки филиграни на фон из такой развертки свертывают цилиндр или конус.

При таком наборе следует остерегаться деформации и искажению рисунка при использовании его крупных элементов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977. - 424 с.
2. Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением /В.А. Евстратов. – Харьков: Вища школа, 1981. - 248 с.
3. Флеров А. В. Материаловедение и технология художественной обработки металлов: Учебник. – М.: Высш. Школа, 1981. – 288 с., ил.
4. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: Учебник для машиностроительных вузов – изд., перераб. И доп. - М.: Машиностроение, 1980. – 493 с., ил.
5. Шмаков В. Г. Кузница в современном хозяйстве. – М.: Машиностроение. 1990. – 288 с.: ил.
6. Марченков В. И. Ювелирное дело.: Практ. Пособие. 3 – е изд., перераб. И доп. – М.: Высш. Шк.,Ю 1992. – 256 с.: ил.
7. Навроцкий А. Г., Белоглазова М. В. Наследники Гефеста – М.; Знание, 1990. – (Новое в жизни, науке, технике.)
8. Раскинд В. Л. Справочник молодого кузнеца штамповщика. – 2-е изд. –М.: Высш. Школа, 1985. – 256 с.
9. Седова М. В. Ювелирные изделия древнего Новгорода. – Наука. 1981.
- 10.Клюка А. В. Методические указания по курсу «Учебно-производственный практикум» по обработке металлов давлением. ДГТУ, Ростов – на - Дону 1994 г.
- 11.Новиков В. П. Книга начинающего ювелира. «Политехника» С птб. – 2001, 416 с.
12. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела. Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с. ил.
13. Флеров А. В. Основы художественной обработки металлов. – М.: Высш. Школа, 1976, 224 с.
- 14.Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов/ А.Н. Банкетов, Ю.А. Бочаров, Н.С. Добрынский и др.; Под ред. А.Н. Банкетова. – изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
15. Шнейдер Г.А. Основы художественной обработки металлов. Минск. «Высшая школа», 1986, 158 с.
16. Барадудин В.А., Коромыслов В.И., Максимов Ю.В. и др. Основы художественного ремесла. – М.: Просвещение, 1979. – 320 с., ил.