В. И. МАРЧЕНКОВ

# ЮВЕЛИРНОЕ ДЕЛО

Издание третье,
переработанное и дополненное

МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1992

*Рекомендовано Комитетом по профессиональному образованию Министерства образования Российской Федерации*

Рецензент: А. А. Просвирников

**Марченков В. И.**

М30 Ювелирное дело: Практ. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1992. — 256 с.: ил.

ISBN 5-06-001974-8

Подробно рассматриваются вопросы изготовления и обработки ювелирных изделий, описаны свойства и классификация ювелирных камней, самоцветов и др. Содержатся сведения о металлах и сплавах, неметаллических материалах, составляющих основу ювелирных изделий.

В третьем издании (2-е — в 1984 г.) приводятся дополнительные сведения о новых припоях, о пробировании драгоценных металлов, о новых методах обработки ювелирных изделий.

Для учащихся профтехучилищ и подготовки рабочих на производстве.

$М \frac{3008000000(4307000000) - 172}{052(01) - 92}$ 68—92

ББК 37.27

6П9.4

ISBN 5-06-001974-8

© В. И. Марченков, 1992

# ВВЕДЕНИЕ

Ювелирное искусство — один из древнейших и широко распространенных видов декоративно-прикладных направлений. Сохранившиеся до наших дней ювелирные изделия дают представление о традициях, вкусах и мастерстве ювелиров прошлого. Уровень исполнительского мастерства в лучших изделиях XVIII—XIX вв. остается недостижимым даже в наше время.

Слово «ювелирный» употребляется не только в значении «драгоценный». Благодаря нашим предкам, оставившим после себя шедевры ювелирного искусства из различных материалов, в народе прочно укрепилось представление о ювелирной работе как о совершенстве мастерства. Любую мастерски выполненную, тщательную, тонкую работу мы называем «ювелирной». Трудно дать точное определение ювелирной работе, но применительно к украшениям — это, пожалуй, сочетание художественного замысла с мастерством его воплощения.

Мы привыкли восхищаться удачным результатом различных ремесел, награждая самыми хвалебными эпитетами руки мастеров-исполнителей: золотые, волшебные и т. д., но секреты мастерства не только в таланте, сам талант «не работает». Только замешанный на любви к конкретному делу талант способен вызвать стремление глубоко познать материал и технологию. В понятие мастерства входит трудолюбие, аккуратность исполнения, тренированность рук, приобретенный опыт. Чем шире диапазон знаний ювелира, тем больше возможности проявления его таланта.

Необходимый рост производства, вызванный массовым спросом на ювелирные изделия в XX в., дал толчок к развитию технологий массового выпуска ювелирной продукции. Развитие штамповки значительно снизило долю ручного труда в ювелирном производстве, а совершенствование точного литья свело ручной труд к минимальному. Однако потребность ручного исполнения ювелирных изделий не утрачивает своего значения, и более того, с развитием совершенных технологий ручной творческий труд становится необходимым. Всегда будет сохраняться потребность в создании новых образцов ювелирных украшений, выполненных по индивидуальным заказам, находящихся в единичном экземпляре.

Настоящее пособие имеет своей целью ознакомление с материалами ювелирного производства, техникой и технологией ручного изготовления, а также основами серийного производства ювелирных украшений.

# ЧАСТЬ I
# МАТЕРИАЛЫ

Материалами ювелирного производства следует считать как те, из которых изготовляются ювелирные изделия, так и те, посредством которых они производятся. Это значительный перечень различных металлов — черных, цветных, в том числе и драгоценных; природные и синтетические ювелирные камни и другие материалы, которые могут использоваться в качестве вставок в ювелирные изделия; химикаты; огнеупоры; различные пасты и смеси, без которых ювелирное производство было бы невозможным.

## ГЛАВА 1
## МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Металлы — это вещества, обладающие высокой прочностью, пластичностью, ковкостью, тепло- и электропроводностью, характерным блеском. Сплавы — металлические однородные системы, состоящие из двух и более металлов и обладающие характерными металлическими свойствами. В широком смысле сплавы — это любые однородные системы, полученные сплавлением нескольких веществ.

Металлическими свойствами обладают более 80 элементов таблицы Менделеева. Все металлы и металлические сплавы в твердом состоянии имеют строгое кристаллическое строение. Металлы принято делить на черные и цветные. К черным относят железо и все сплавы на его основе. Все остальные металлы — цветные, в том числе и драгоценные. Как черные, так и цветные металлы могут быть получены химически чистыми, т. е. с содержанием основного химического элемента около 100 %. Но чистые металлы, как правило, не обеспечивают необходимых свойств для изготовления из них оборудования, механизмов, инструментов, поэтому для различных отраслей народного хозяйства производятся сплавы с заданными свойствами для конкретного применения. В практике как чистые металлы, так и сплавы, обладающие металлическими свойствами, называют металлами.

Металлы характеризуются физическими, химическими, механическими и технологическими свойствами.

## Физические свойства металлов

Цвет — свойство света вызывать зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом отражаемого или испускаемого излучения.

Блеск — свойство поверхности отражать свет.

Плотность — отношение массы вещества к его объему. За единицу принята плотность дистиллированной воды (плотность в пособии приведена в г/см$^3$).

Температура плавления — температура перехода твердого кристаллического тела в жидкое состояние.

Электропроводность — способность металла проводить электрический ток.

Теплопроводность — способность перехода тепловой энергии от более нагретых участков тела к менее нагретым.

Магнитные свойства — способность намагничиваться или реагировать на действие магнита.

## Химические свойства металлов

Коррозионная стойкость — свойство металлов противостоять (не разрушаться) действию агрессивных сред.

Растворимость — способность металлов растворяться в кислотах, электролитах и других агрессивных средах.

## Механические свойства металлов

Пластичность — способность подвергаться необратимой деформации, т. е. обработке давлением.

Твердость — способность металла сопротивляться вдавливанию более твердого материала. Существует несколько методов определения твердости металлов. Метод Бринелля основан на вдавливании стального шарика в поверхность испытуемого металла; метод Роквелла — на вдавливании алмазного конуса или стального шарика; метод Виккерса — на вдавливании алмазной четырехгранной пирамиды.

Твердость минералов определяется способностью сопротивляться царапанию по шкале Мооса (см. табл. 13).

Показатель твердости металлов в данном пособии приводится по Бринеллю (НВ) в кгс/мм$^2$. Это отношение нагрузки к площади поверхности отпечатка. Но так как ювелиру постоянно приходится сравнивать твердости камней и металлов, совмещенных в одном изделии, то в скобках приводится твердость по Моосу.

## Технологические свойства металлов

Упрочняемость — способность металлов приобретать более высокую прочность после термической, химико-термической или механической обработки.

Паяемость — свойство металлов образовывать неразъемные соединения посредством расплавленного присадочного материала — припоя.

## 1.1. ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Черные металлы — это промышленное название железа и его сплавов. По масштабам производства и использования черные металлы намного опережают все существующие металлы и сплавы. Из них изготовляют более 90 % всех конструкционных и инструментальных материалов. Основное отличие черных металлов — это способность намагничиваться. В быту все сплавы на основе железа — стали и чугуны — называют железными.

**Железо** (Fe) — металл серебристо-белого цвета, блестящий, ковкий и пластичный. Плотность 7,87; температура плавления 1539 °С; твердость по Бринеллю 60 (по Моосу 5). На воздухе окисляется — покрывается рыхлой ржавчиной.

В чистом виде в природе не встречается. Получают железо из железных руд. Железо с примесями называют техническим. Техническое железо содержит 99,8...99,9 % железа, остальное примеси, в которых более десятка элементов. Железо в чистом виде практического применения не имеет, используется только в сплавах. Сплавы железа в зависимости от содержания углерода называют сталью или чугуном.

**Сталь** — сплав железа с углеродом и другими элементами, содержание углерода в котором менее 2 %. В зависимости от состава стали обладают различными физико-химическими свойствами.

По составу сталь разделяют на углеродистую и легированную (содержающую и другие компоненты).

По качеству — на сталь обыкновенного качества, качественную, повышенного качества и высококачественную.

По назначению — на конструкционные, инструментальные и специального назначения.

Основное количество оборудования, приспособлений и инструментов ювелирного производства изготовлено с применением конструкционных и инструментальных сталей.

**Чугун** — железный сплав, содержащий более 2 % углерода.

По составу чугуны делят на нелегированные и легированные (содержащие хром, никель, марганец и другие легирующие элементы).

По структуре различают белый чугун (с белым изломом) и серый чугун (с серым изломом).

Основная масса чугуна перерабатывается в сталь, остальная используется по другим назначениям. Чугун используют для фасонного литья. Из него изготовляют станины станков, детали двигателей внутреннего сгорания и других механизмов, работающих в условиях повышенного износа, и т. д. Широко применяется как материал изделий прикладного искусства: ваз, скульптур,

фонтанов, оград, ворот, решеток и т. д. В ювелирном производстве из чугуна кроме станин станков изготовляют изложницы (формы для отливки слитков).

## 1.2. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Чистые цветные металлы (химические элементы) принято группировать по сходным свойствам. Например, легкие металлы (плотность ниже 3,0), тяжелые металлы (плотность выше, чем у железа, — 7,87), легкоплавкие (температура плавления ниже температуры плавления олова — 232 °С), тугоплавкие (с температурой плавления выше, чем у железа, — 1539 °С), благородные (обладающие химической инертностью) и т. д. В данном пособии цветные металлы и их сплавы рассматриваются с позиции их применения в ювелирной практике в качестве прямых (входящих в сплавы драгоценных металлов), а также косвенных участников производства или материалов, возможных для применения. Знание свойств цветных металлов поможет при диагностике изделий из драгоценных металлов в отличие от близких имитаций.

**Медь** (Cu) — металл красновато-розового цвета, мягкий и пластичный, обладает высокими показателями тепло- и электропроводности. Легко паяется. Хорошо полируется. Из-за своей мягкости плохо обрабатывается режущим инструментом. Имеет плохие литейные свойства.

Плотность 8,96; температура плавления 1083 °С; твердость по Бриннелю 35 (по Моосу 3).

Химически малоактивна. Во влажной среде покрывается зеленоватым налетом закиси меди (медной патиной), который сохраняет ее от дальнейшего разрушения. Медь легко растворяется в азотной и концентрированной соляной кислотах при нагревании. В разбавленной соляной кислоте растворяется в присутствии кислорода. Медь широко применяется во всех отраслях промышленности. В художественной промышленности ее используют для изделий под эмаль и других поделок. Медь входит в состав почти всех сплавов драгоценных металлов. Служит основой медных сплавов — латуней, бронз, мельхиора, нейзильбера.

**Латунь** — медный сплав, двухкомпонентный и более, с основным легирующим элементом — цинком. Содержание меди в латунях, как правило, более 57 %. Латунь с высоким содержанием меди (90 % и более) называют томпак, с содержанием меди 79...86 % — полутомпак. По составу латуни делят на простые (двухкомпонентные) и специальные (многокомпонентные).

По назначению делят на деформируемые и литейные. Латуни имеют желтый цвет, легко поддаются обработке давлением (за исключением свинцовосодержащих) в холодном и горячем состоянии. Все латуни хорошо паяются, легко обрабатываются режущим инструментом, хорошо полируются.

Плотность латуней 8,20...8,60; температура плавления 900... 1045 °С. В сухом помещении долго сохраняют цвет и блеск. На

открытом воздухе латуни неустойчивы, быстро теряют блеск и темнеют. Растворяются в большинстве кислот.

Широко используются в промышленности, а также в качестве декоративного материала для художественных поделок, чеканок, дешевых изделий ювелирной галантереи, сувенирных изделий, памятных медалей и др. Механические свойства латуней (марок Л62 и Л68) сходны с золотыми сплавами 583-й пробы и используются как учебный материал при практическом обучении ювелиров.

**Бронза** — медный сплав, в котором основным легирующим компонентом может быть любой металл, кроме цинка. Бронзы могут быть двухкомпонентными и более. Цвет зависит от состава, но чаще всего золотисто-желтый. В сравнении с латунью бронзы имеют более высокую прочность, обладают высокими литейными качествами и износостойкостью. Хорошо подвергаются пайке и принимают полировку. По составу бронзы разделяют на оловянистые, алюминиевые, кремниевые, бериллиевые и др.

Плотность бронз 7,50...8,80; температура плавления 1010... 1140 °С.

В сравнении с латунью обладает более высокой коррозионной стойкостью. Бронза (особенно бериллиевая) стойка на воздухе, в воде, в растворах органических кислот, углекислых растворах. Легко растворяется в азотной кислоте и в присутствии окислителя в серной и соляной кислотах. Бронза широко применяется в технике, в художественной промышленности, является незаменимым литейным материалом, идет на изготовление деталей интерьера — люстр, бра, канделябров, различных фигурок и др. Памятные значки, медали, сувениры, полученные литьем, также изготовляют из бронзы.

**Мельхиор** — медно-никелевый сплав, содержащий до 30 % никеля. Цвет — серебристо-белый, на срезе и полированных частях с желтоватым оттенком. Мягкий, пластичный, хорошо обрабатывается режущим инструментом и паяется.

Плотность 8,90; температура плавления 1170 °С.

На воздухе коррозийно-устойчив. Окисляясь во влажной среде, покрывается зеленым налетом. Растворяется в азотной кислоте. Горячие серная и соляная кислоты действуют на него разъедающе.

Широко применяется для изготовления галантерейных изделий, а также изделий посудной группы. Обычно изделия посудной группы покрывают серебром.

**Нейзильбер** — трехкомпонентный сплав на медной основе, в состав которого кроме меди входят 13,5...16,5 % никеля и 18...22 % цинка. Нейзильбер по внешнему виду напоминает серебро. В зависимости от содержания никеля может иметь голубоватый или зеленоватый оттенок. Обладает достаточной прочностью и пластичностью, хорошо паяется.

Плотность 8,45; температура плавления 1050 °С.

Имеет высокую коррозионную стойкость в нормальных условиях. Во влажной среде покрывается зеленым налетом. Растворяется в азотной кислоте. Горячие серная и соляная кислоты разъедают его. Нейзильбер получил широкое распространение как декоративный металл. Идет на изготовление галантерейных изделий, изделий посудной группы с посеребрением. Является основным материалом для ювелирных изделий художественного промысла. Филигранные изделия, как бескаменка, так и изделия с различными вставками с оксидированной поверхностью, внешне не уступают серебряным.

**Цинк** (Zn) — белый металл с синеватым оттенком, хрупкий, но при нагревании до 100...150 °С обретает пластичность, легко прокатывается в листы.

Плотность 7,13; температура плавления 419,5 °С; твердость по Бринеллю 35 (по Моосу 3).

На воздухе в нормальных и влажных условиях покрывается плотным слоем оксида матово-серого оттенка, который предохраняет его от дальнейшего разрушения. При нагревании на воздухе превращается в белый порошок. Цинк быстро разрушается концентрированными и разбавленными кислотами, а также щелочами. Является одним из компонентов некоторых золотых сплавов, а также непременным компонентом золотых и ряда серебряных припоев, применяемых в ювелирном производстве.

**Кадмий** (Cd) — белый металл (по цвету сходен с цинком), мягкий, пластичный, ковкий.

Плотность 8,65; температура плавления 321 °С; твердость по Бринеллю 16 (по Моосу 2,5).

Кадмий имеет значительно большую химическую стойкость в сравнении с цинком. На воздухе быстро тускнеет, покрываясь стойкой защитной пленкой, предохраняющей его от дальнейшего разрушения. При нагревании на воздухе превращается в бурый порошок, выделяя бурые пары. Пары и соли кадмия ядовиты. Кадмий легко растворяется в азотной кислоте, хуже — в соляной и серной, разбавленные соляная и серная кислоты почти на него не действуют. Кадмий является одним из компонентов большинства золотых припоев, применяемых в ювелирном производстве.

**Никель** (Ni) — белый металл с желтоватым оттенком, твердый, прочный, пластичный, хорошо обрабатывается режущим инструментом. Имеет высокую отражательную способность. Обладает слабыми магнитными свойствами.

Плотность 8,90; температура плавления 1453 °С; твердость по Бринеллю 60 (по Моосу 5).

Относится к числу химически стойких металлов. На воздухе не окисляется, стоек к влажной среде. Растворы щелочей на никель почти не действуют. Растворяется в азотной кислоте (неконцентрированной). Горячие соляная и серная кислоты также разъедают никель. Никель используют как защитное или декоративное покрытие (никелирование), а также для легирования чер-

ных и цветных сплавов. Применяется как компонент при составлении золотых сплавов белого и цветного литейного золота.

**Олово** (Sn) — металл серебристо-белого цвета, мягкий, очень пластичный.

Плотность 7,30; температура плавления 231,9 °С; твердость по Бринеллю 5 (по Моосу 2).

Олово не корродирует на воздухе и во влажной среде. При сгорании образует белый порошок. Охлаждение олова ниже 18 °С приводит к образованию на поверхности серых пятен («оловянной чумы»). Концентрированные соляная и азотная кислоты легко растворяют его, разбавленные действуют слабо. Сильно действуют на олово щелочи, сера, хлор, бром, фтор и йод.

Олово является основой мягких (легкоплавких) припоев для контактной пайки. В современном производстве ювелирных изделий оловянный припой не применяется. Наличие олова в драгоценных металлах считается нежелательной примесью. Следы олова на ювелирных изделиях из драгоценных металлов должны быть тщательно удалены. Однако в ювелирных украшениях XIX — начала XX в. можно заметить, что наиболее нежные элементы — ажурные касты с заранее закрепленными камнями, тонкие листочки с легкоплавкой прозрачной эмалью, цветочки — фиксировались в штифтовом соединении с помощью олова. Оловянный припой в таких случаях не выходит наружу, и реставрация подобных изделий должна производиться квалифицированно.

**Свинец** (Pb) — синевато-серый металл с сильным блеском на свежем срезе. Очень ковкий, мягкий (легко режется ножом), вязкий.

Плотность 11,34; температура плавления 327 °С; твердость по Бринеллю 4 (по Моосу 2).

На сухом воздухе устойчив. Во влажной среде быстро покрывается темно-серой оксидной пленкой, сохраняющей его от дальнейшего разрушения. Свинец устойчив к действию серной и соляной кислот. Хорошо растворяется в азотной, а также в уксусной, лимонной и винной кислотах, разрушается под действием щелочей. Растворимые соединения свинца ядовиты и требуют осторожности при работе с ними. Во всех сплавах драгоценных металлов свинцовая примесь является вредной, поэтому во время работы драгметаллы оберегают от попадания в них свинца. При индивидуальном изготовлении ювелирных изделий свинцовые или свинцово-оловянные (в зависимости от требуемой жесткости) подушки используют в качестве матриц для формообразования деталей. Свинец также является одним из компонентов при составлении черни.

**Алюминий** (Al) — легкий металл серебристо-голубовато-белого цвета, ковкий и пластичный. Хорошо полируется. Имеет высокие показатели электро- и теплопроводности. В обычных условиях не паяется ни контактной, ни газопламенной пайкой.

Плотность 2,70; температура плавления 660 °С; твердость по Бринеллю 26 (по Моосу 2,5).

На воздухе мгновенно покрывается тонкой и очень стойкой оксидной пленкой, предохраняющей его от разрушения. В воде разрушается. Устойчив к действию на него концентрированной азотной и органических кислот. Быстро растворяется в соляной и концентрированной серной кислотах.

Алюминий используется для изготовления дешевой ювелирной галантереи (броши, браслеты, кольца, диадемы и др.) с дешевыми вставками и без них. Изделия из алюминиевых сплавов часто украшают эмалевыми красками, анодируют под золото и в другие цвета.

**Ртуть** (Hg) — единственный жидкий металл, зеркально-белого цвета, тяжелый. Обладает высокой отражательной способностью.

Плотность 13,52; температура плавления —38,97 °С.

На воздухе ртуть стойка, но даже при комнатной температуре выделяет ядовитые пары. На ртуть не действуют щелочи, разбавленные соляная и серная кислоты. Легко растворяется в азотной, даже слаборазбавленной, и концентрированной серной кислотах. Ртуть легко вступает в соединения со многими металлами, образуя сплавы (амальгамы). Особенно легко ртуть амальгамирует с золотом, на этом принципе основано отделение самородного золота от пустой породы. Применяют ртуть также при огневом золочении и серебрении.

## 1.3. ДРАГОЦЕННЫЕ МЕТАЛЛЫ

Драгоценными, или благородными, называют восемь металлов, выделенных в отдельную группу. К ним относятся золото, серебро, платина, а также платиновые металлы (платиноиды): палладий, родий, иридий, рутений и осмий. Основу для использования в ювелирном деле составляют собственно три металла — золото, серебро и платина. Обладая уникальными свойствами — красивым цветом, мягкостью, пластичностью, способностью сочетаться с драгоценными камнями и эмалями, выглядеть благородно и в полированном виде, и матовыми, в качестве сплавов используются для изготовления ювелирных изделий. Стоимость и благородные свойства металлов определили название всей группы. Ведущее место среди них занимают золото и серебро, наибольшее количество сплавов золота в широкой цветовой гамме используется самостоятельно. Кроме того, золотые изделия изготовляют в сочетании с серебром или с платиной.

Платиновые металлы выделены в особую группу не случайно. В природе они, как правило, сопутствуют друг другу, а кроме того, имеют ряд общих свойств. Все белого цвета, с разницей в оттенках, обладают высокой коррозионной стойкостью.

Не все металлы платиновой группы используют в ювелирном производстве, поэтому основное внимание этого раздела уделено

драгоценным металлам, имеющим непосредственное отношение к производству ювелирных изделий.

**Золото** (Au) — единственный металл ярко-желтого цвета. Отличается самой высокой пластичностью и ковкостью из всех драгоценных металлов, режется ножом. Обладает сильным блеском, а также хорошей тепло- и электропроводностью.

Плотность золота 19,32; температура плавления 1063 °С; твердость по Бринеллю 20 (по Моосу 2,5).

Золото обладает высокой химической стойкостью: ни кислород, ни сера на него не действуют, даже при нагревании; устойчиво к воздействию на него влаги; не реагирует с кислотами, щелочами, солями. Однако растворяется в смесях кислот — соляной и азотной (царской водке); серной и марганцовой; серной и азотной, а также в горячей селеновой кислоте. Растворяется также в водных растворах цианистых металлов в присутствии кислорода или других окислителей, в растворах тиомочевины в присутствии окислителя.

Легко соединяется с ртутью, образуя амальгаму. Вступает в реакцию с хлором, бромом и йодом.

В природе золото обычно встречается в виде металла. Известны два пути его концентрирования. Это первичные (рудные, коренные) или гидротермальные образования. В первичных месторождениях золото находится в коренных жильных минералах и кристаллических горных породах в виде включений, вкраплений, порой невидимых невооруженным глазом. Месторождение считается промышленным, если содержание золота в породе превышает 2 г на тонну.

Вторичные, или рассыпные, образовались в результате разрушения рудных (коренных) месторождений. Разрушение (выветривание) золотосодержащих пород приводит к высвобождению золота, которое вместе с породой выносится водами и залегает по пути стоков в различных углублениях по всему пути перемещения. Высокая плотность золота не мешает перемещаться на большие расстояния и осаждаться по руслам ручьев и рек, образовывая значительные скопления россыпного золота. Золото в таких залежах имеет абсолютно разные размеры в форме мелких неправильных зерен, пластинок, чешуек, губчатых, нитевидных, древовидных образований, искаженных кристаллов и т. д. Золото в россыпях обычно чище рудного и имеет более высокую пробу.

Отдельные металлические обособления принято считать самородками. Представление об их массе или размерах с течением времени меняется, например в БСЭ 1954 г. самородком считаются зерна массой от 5 г и выше. В настоящее же время самородком принято считать обособления, превышающие 1 г. Самородок «Большой треугольник», найденный в нашей стране в 1842 г. на Южном Урале, хранится в Алмазном фонде, его масса 36015,7 г, проба 900,6.

Золото в природе никогда не бывает в чистом виде. В нем всегда присутствуют примеси. Цвет природного золота различен

и зависит от наличия инородных металлов в качестве примесей.

Способы добычи золота в основном зависят от характера месторождений и мощности залегания золота. Основное количество золота добывается из рудных месторождений.

Кроме добычи из рудных и россыпных месторождений золото добывают и попутно. Попутной считают добычу золота, находящегося в незначительных концентрациях пород разрабатываемых месторождений, например, цветных металлов. Попутная добыча золота из руд цветных металлов занимает все больший процент в общем объеме добычи золота.

Природное золото никогда не бывает чистым. Извлеченное из различных источников (руд, россыпей, попутно), оно содержит множество примесей и является исходным продуктом для получения чистого золота. Продукцию приисков принято называть шлиховым золотом. Чистота шлихового золота различна и может колебаться от 500-й до 970-й пробы, т. е. от 50 до 97 % чистого золота в металлической массе. Поскольку шлиховое золото состоит из частиц разной пробы и разного содержания, оно требует очистки от примесей до однородно высокой чистоты.

Использование драгоценных металлов в качестве валютных ценностей и для приготовления сплавов требует получения их в состоянии высокой чистоты. Это достигается путем аффинажа (очистки, рафинирования) на специальных аффинажных предприятиях.

Методы аффинажа зависят от характера исходного продукта и требуемой чистоты золота. Весь золотосодержащий металл, подготовленный для аффинажа, подвергают приемной плавке, для того чтобы в полученном слитке определить содержание золота, других примесей и выбрать метод очистки. Наиболее высокая степень очистки достигается электролитическим методом.

Чистое золото — понятие условное, степень чистоты выражается пробой 999; 999,9 и т. д., однако 1000-й пробы нет. Золото, как и все металлы, маркируется. Марка чистого золота Зл 999 означает, что в его составе золота (Зл) 99,9 %, остальное примеси; Зл 999,9 — в составе золота 99,99 %, остальное примеси. В качестве примесей — свинец, железо, сурьма, висмут, медь, серебро в допустимых пределах.

Аффинированное золото выпускается в слитках различной массы. Степень чистоты по специальным техническим условиям может достигать 99,9999 %. Основная масса чистого золота идет на составление сплавов, используемых для производства ювелирных изделий, монет и медалей; зубных протезов; сусального золота; декоративных гальванопокрытий. Используется также золото для нужд электронной промышленности, приборостроения и др.

**Серебро** (Ag) — металл белого цвета, очень тягучий, пластичный и ковкий, режется ножом. Серебро тверже золота, но мягче меди. Очень хорошо полируется, имеет наивысшую отражатель-

ную способность, является самым электро- и теплопроводным металлом.

Плотность серебра 10,50; температура плавления 960,5 °С; твердость по Бринеллю 25 (по Моосу 2,5).

Серебро устойчиво к действию влажной среды, не взаимодействует с органическими кислотами, с растворами щелочей, азотом, углеродом, устойчиво по отношению к кислороду. Серебро устойчиво к действию соляной и плавиковой кислот. Разбавленная серная кислота также не растворяет его. Царская водка, которая растворяет золото, на поверхности серебра образует защитную пленку. Однако при длительном пребывании на воздухе серебро постепенно темнеет под действием сероводорода, находящегося в воздухе. Серебро легко соединяется с серой. Озон также образует на поверхности серебра черный налет. Хлор, бром, йод реагируют с ним даже при комнатной температуре. Серебро легко растворяется в азотной кислоте и концентрированной серной при нагревании. Растворяется серебро в цианистых щелочах, хорошо соединяется с ртутью, образуя серебряную амальгаму.

В природе серебро образует более 60 минералов, в которых находится в различном состоянии. В основном в сернистых соединениях с высоким содержанием серебра (до 87 %). Однако, несмотря на большое количество минералов серебра в рудах, они встречаются в незначительных количествах, часто рассеяны среди других минералов. Самородное серебро встречается значительно реже самородного золота, так как легче образует соединения с другими элементами. Самородное серебро представляет собой природный сплав с золотом, медью, железом, висмутом, ртутью, платиной и другими элементами. Встречается в виде неправильных зерен, пластинок, листочков, проволочных и нитевидных выделений. Крупные самородки чрезвычайно редки и могут достигать сотен килограммов.

Основными источниками серебра являются комплексные руды цветных металлов, из которых серебро извлекается попутно со свинцом, цинком, медью, никелем, а также золотом и ураном. Извлечение серебра из серебросодержащих минералов производится подобно золоту посредством амальгамации и цианирования, в зависимости от характера сырья. Полученный продукт подвергается аффинажу.

Принцип аффинажа заключается в растворении серебра на аноде и осаждении его кристаллов на катоде. Осажденное серебро после фильтрации и промывки подвергается плавке. А нерастворимый анодный шлам, содержащий золото, платину, подвергают дальнейшей обработке. Аффинированное серебро выпускается в слитках различной массы, в порошке, а также в гранулах. Степень чистоты серебра может достигать 99,9999 %.

Благодаря своим уникальным свойствам: высоким степеням электро- и теплопроводности, отражательной способности, светочувствительности и т. д. — серебро имеет очень широкий диапа-

зон применения. Его применяют в ювелирном деле, фотографии, электронике, электротехнике, точном приборостроении, ракетостроении, медицине, для защитных и декоративных покрытий, для изготовления монет, медалей и других памятных изделий.

**Платина** (Pt) — серовато-белый блестящий металл, тяжелый и тугоплавкий. По пластичности и ковкости уступает золоту и серебру. Может прокатываться в тончайшие листы (до 0,0025 мм) и протягиваться в тончайшую проволоку (до 0,001 мм).

Плотность платины 21,45; температура плавления 1769 °С; твердость по Бринеллю 50 (по Моосу 5).

В химическом отношении платина является наиболее устойчивым металлом. Не окисляется на воздухе даже при накаливании и, остывая, сохраняет свой цвет. Устойчива к влажной среде. Отдельно кислоты на нее не действуют, растворяется в горячей царской водке. Разъедают платину цианистый калий и расплавленные щелочи. В природе платина встречается чаще в самородном состоянии, в виде зерен и чешуек различной величины, редко в виде крупных самородков. Самородная платина представляет собой минералы, включающие в свой состав кроме платины железо, иридий, родий, палладий, медь, никель и поликсен. Поликсен не имеет постоянного состава и является источником добычи многих металлов. Платиновые руды, которые также являются источником получения платины и платиновых металлов, в природе распространены мало. Основным источником добычи платины являются медно-никелевые месторождения, из руд которых платина добывается попутно.

В природе металлы платиновой группы обычно сопутствуют друг другу. Попутно платину и другие платиновые металлы получают при аффинаже золота.

Аффинированная платина выпускается в слитках со степенью чистоты до 99,99 %.

Для изготовления ювелирных изделий платина применяется с давних времен. Высокопробный платиновый сплав считается классическим ювелирным материалом для изготовления изделий с драгоценными камнями. Но использование ее в ювелирных изделиях значительно сократилось.

Широкое применение платина нашла в различных областях промышленности.

**Палладий** (Pd) — металл серебристо-белого цвета пластичный и ковкий, легко прокатывается в фольгу и протягивается в тонкую проволоку.

Плотность палладия 12,02; температура плавления 1552 °С; твердость по Бринеллю 52 (по Моосу 5).

На воздухе при нормальной температуре палладий не окисляется, устойчив к влажной среде. При нагревании до 860 °С окисляется, причем с увеличением температуры оксид разлагается и металл снова светлеет. По своим химическим свойствам палладий уступает всем металлам платиновой группы, растворим в азотной и горячей серной кислотах, а также в царской водке.

Главным источником получения палладия служат сырая платина и шламы никелевого производства. Палладий используется для составления ювелирных палладиевых сплавов, а также как компонент сплавов белого золота. Кроме того, широко применяется в приборостроении, химической, электронной и электротехнической промышленности.

**Осмий** (Os) — серовато-белый металл с голубым оттенком, тяжелый, тугоплавкий, твердый и хрупкий. Механической обработке не поддается.

Плотность 22,48; температура плавления 2700 °С; твердость по Бринеллю 200 (по Моосу 7,0).

Наиболее стойкий в химическом отношении металл. Ни одна из кислот и царская водка на него не действуют.

В природе встречается как составная часть самородной платины, а также как самостоятельный минерал в виде осмистого иридия. При аффинаже в процессе растворения платиновых металлов в царской водке остается нерастворенным.

В ювелирном производстве не применяется. Используется в точном приборостроении и химическом производстве.

**Родий** (Rh) — голубовато-белый металл, напоминающий алюминий, твердый и хрупкий. Имеет высокую отражательную способность. При нагревании приобретает пластичность.

Плотность 12,41; температура плавления 1960 °С; твердость по Бринеллю 101 (по Моосу 6,0).

Химически стойкий. В нормальных условиях на воздухе и в воде не окисляется. При нагревании покрывается черной оксидной пленкой, которая исчезает при температуре свыше 1200 °С. Родий устойчив к действию кислот (кроме концентрированной серной) и царской водки. Устойчив к действию серы, хлора, фтора.

В природе присутствует в виде примесей самородной платины. Получают родий попутно с извлечением платины.

Применяется в ювелирном производстве как декоративное и защитное покрытие ювелирных изделий. Изделия из недрагоценных металлов и серебра, покрытые слоем родия, обладают высокой износостойкостью.

Используется в технике для изготовления рефлекторов, электрических контактов, а также в химической промышленности.

**Рутений** (Ru) — серовато-белый металл, тугоплавкий, твердый и хрупкий. Механической обработке не поддается.

Плотность 12,45; температура плавления 2310 °С; твердость по Бринеллю 170 (по Моосу 6,5).

Химически стойкий. Слабо растворяется в царской водке. Устойчив к действию кислот и серы.

В природе встречается как примесь самородной платины и в медно-никелевых рудах. Источник получения — попутное извлечение при аффинаже платины.

В ювелирном производстве не применяется. Используется в химической промышленности и медицине.

**Иридий** (Ir) — серовато-белый металл, тяжелый, тугоплавкий, твердый и хрупкий. Механической обработке не поддается.

Плотность 22,42; температура плавления 2443 °С; твердость по Бринеллю 172 (по Моосу 6,5).

В химическом отношении иридий один из самых стойких металлов. Ни кислоты, ни царская водка на него не действуют. Только при температуре свыше 800 °С иридий поддается действию хлора, фтора и кислорода. В природе находится в виде примесей самородной платины, а также самостоятельного минерала осмистого иридия. Получают при аффинаже платины.

В ювелирном производстве не используется. Входит в состав платиновых сплавов промышленного производства для повышения твердости сплава. Применяется в качестве наконечников дорогих перьев для авторучек. Широко используется в приборостроении.

## 1.4. СПЛАВЫ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Использование чистых металлов для изготовления ювелирных изделий нецелесообразно вследствие их высокой стоимости, недостаточной твердости и износостойкости. Для получения нужных качеств к драгоценным металлам добавляют в определенных соотношениях другие металлы, которые называют легирующими, или лигатурой. Легирующими могут быть как драгоценные, так и недрагоценные металлы. Несмотря на это, полученные сплавы именуют драгоценными. С помощью легирования драгоценных металлов сплавам можно придавать различные свойства, например необходимую твердость, пластичность, литейные качества, цвет, температуру плавления и т. д. Число ювелирных сплавов велико, и по мере введения новых технологий в производство ювелирных изделий создаются новые сплавы. Сплавы, получившие наибольшее распространение, предусмотрены ГОСТом, согласно которому металлургические предприятия выпускают полуфабрикаты в виде слитков, листов, лент, полос, фольги, проволоки, профилей для использования на ювелирных предприятиях.

Наибольшее количество сплавов имеет золото.

### СПЛАВЫ ЗОЛОТА

В состав золотых сплавов в качестве легирующих компонентов могут входить: серебро, медь, палладий, никель, платина, кадмий и цинк. Каждый из компонентов по-своему влияет на свойства сплава.

Серебро придает золотому сплаву мягкость, ковкость, понижает температуру плавления и изменяет цвет золота. По мере добавления серебра цвет сплава зеленеет, переходя в желто-зеленый; при содержании серебра более 30 % цвет становится желто-белым и бледнеет по мере увеличения количества

серебра; при содержании в сплаве 65 % серебра цвет сплава становится белым.

Медь повышает твердость золотого сплава, сохраняя ковкость и тягучесть. Сплав приобретает красноватые оттенки, усиливающиеся по мере повышения процентного содержания меди; при содержании 14,6 % меди сплав становится ярко-красным. Однако медь понижает антикоррозийные свойства сплава.

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

Никель изменяет цвет сплава в бледно-желтый, повышает твердость. Содержание никеля повышает текучесть расплава, а значит, литейные качества.

Платина окрашивает золотой сплав в белый цвет интенсивнее палладия. Желтизна теряется уже при содержании 8,4 % платины в сплаве. Резко повышается температура плавления сплава. При повышении содержания платины до 20 % увеличивается упругость сплава.

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

Цинк резко понижает температуру плавления сплава, повышает текучесть его, придает сплаву хрупкость и зеленоватый оттенок. Участие каждого компонента в золотом сплаве определяется в зависимости от свойств, которыми должен обладать сплав. Так, серебро и медь дают возможность создавать сплавы от бледно-желтого до красного через зеленоватые или красноватые тона; сохранить мягкость, пластичность, ковкость и среднюю температуру плавления сплава. Палладий, никель и платина позволяют получить золотые сплавы белого цвета с более высокой температурой плавления и очень высокими антикоррозионными свойствами. Кадмий и цинк дают возможность получить золотые сплавы с довольно низкой температурой плавления, а следовательно, использовать полученные сплавы в качестве припоев.

Золотые сплавы можно классифицировать по цветовому признаку на желтые, красные, зеленые, белые, розовые и т. д., в зависимости от оттенков. Но сплавы одного цвета могут иметь различное процентное содержание золота. Можно различать сплавы по технологическому признаку, т. е. применению его для ручной работы, штамповки, литья или припоев. Но сплавы одного назначения будут отличаться по процентному содержанию в них золота. Поэтому прежде всего драгоценные металлы классифицируют по процентному содержанию в них основного металла, т. е. по пробам.

Для золота существуют утвержденные ГОСТом цифровые значения — пробы, указывающие на количество драгоценного металла, содержащегося в 1000 частях сплава. Проба, анало-

Таблица 1. **Золотые сплавы 958-й пробы**

| Марка | Компоненты, % | | | Плотность | $T$ плав, °С | Цвет |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | | | |
| ЗлСрМ958-20 | 95,8 | 2,0 | 2,2 | 18,52 | 1005—1030 | Ярко-желтый |
| ЗлСрМ958-21 | 95,8 | 2,1 | 2,1 | | | » |

гично градусу, может обозначаться знаком «°» в конце цифрового значения. Например, 958-я проба — 958°. Проба присваивается каждому драгоценному сплаву.

ГОСТ 6835—80 предусматривает 40 золотых сплавов восемнадцати проб, имея в виду различное их назначение. Для ювелирных изделий используются сплавы пяти проб — 958, 750, 585, 583, 375-й.

Сплав 958-й пробы трехкомпонентный, кроме золота в своем составе имеет серебро и медь, используется в основном для изготовления обручальных колец. Сплав считается высокопробным, имеет приятный ярко-желтый цвет, близкий к цвету чистого золота. Очень мягкий, в результате чего полировка на изделии держится недолго.

Сплавы 750-й пробы трехкомпонентные и более, кроме золота в составе может быть серебро, медь, палладий, никель и цинк. Сплавы считаются высокопробными. Цвет сплавов колеблется от желто-зеленоватого через красноватые оттенки до белого. Сплавы 750-й пробы имеют самое разнообразное применение при изготовлении ювелирных изделий.

Сплав 585-й пробы взамен 583-й в нашей стране введен в 1989 г. и приравнен (в торговых и скупочных прейскурантах) к 583-й. Сплавы близки по составу и характеристике сплавам 583-й пробы. В странах с метрической системой проб 583-я проба не предусмотрена, но широко используется 585-я. Наиболее распространенные сплавы 583-й пробы трехкомпонентные и более, кроме золота могут иметь в составе серебро, медь, никель, палладий, кадмий и цинк. Цвет сплавов 583-й пробы может быть самым разнообразным — от красного, желтого или зеленого до белого различной интенсивности и оттенков. Сплавы имеют самое широкое применение при изготовлении ювелирных изделий.

Сплавы 375-й пробы принято считать низкопробными. Цвета сплавов красноватые, приглушенные. При потере полировки изделие приобретает сероватую тональность. Используются данные сплавы, как правило, для изготовления обручальных колец.

Разнообразие сплавов одной пробы может быть велико, и поэтому стандартизация сплавов без их маркировки невозможна. Каждый сплав имеет свою маркировку, по которой можно определить содержание компонента в сплаве. Для маркировки компонентов золотых сплавов введены буквенные обозначения: Зл — золото, Ср — серебро, М — медь, Пд — палладий, Пл — платина,

Таблица 2. **Золотые сплавы 750-й пробы**

| Марка | Компоненты, % | | | | | | | Плотность | *T* плав., °C | Цвет |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Pt | Pd | Ni | Zn | | | |
| ЗлСрМ750-40 | 75,0 | 4,0 | 21,0 | — | — | — | — | | | Красный |
| ЗлСрМ750-42 | 75,0 | 4,2 | 20,8 | — | — | — | — | | | » |
| ЗлСрМ750-48 | 75,0 | 4,8 | 20,2 | — | — | — | — | | | » |
| ЗлСрМ750-83 | 75,0 | 8,3 | 16,7 | — | — | — | — | | | Красноватый |
| ЗлСрМ750-104 | 75,0 | 10,4 | 14,6 | — | — | — | — | | | » |
| ЗлСрМ750-125 | 75,0 | 12,5 | 12,5 | — | — | — | — | 15,45 | 892—900 | Ярко-желтый |
| ЗлСрМ750-150 | 75,0 | 15,0 | 10,0 | — | — | — | — | 15,53 | 887—910 | Желтый |
| ЗлСрМ750-187 | 75,0 | 18,7 | 6,3 | — | — | — | — | | | Зеленоватый |
| ЗлСр750-250 | 75,0 | 25,0 | — | — | — | — | — | 15,96 | 1044—1045 | Зеленый |
| ЗлСрПд5-20 | 75,0 | 5,0 | — | — | 20,0 | — | — | | | Белый |
| ЗлСрПдН7-14-4 | 75,0 | 7,0 | — | — | 14,0 | 4,0 | — | | | » |
| ЗлСрПлМ8-8-9 | 75,0 | 8,0 | 8,0 | 9,0 | — | — | — | | | » |
| ЗлСрПдН9-14-2 | 75,0 | 9,0 | | | 14,0 | 2,0 | | | | » |
| ЗлМНЦ3,5-16,5-5 | 75,0 | — | 3,5 | — | — | 16,5 | 5,0 | | | » |
| ЗлНЦ15-10 | 75,0 | — | — | — | — | 15,0 | 10,0 | | | » |
| ЗлМНЦ15-7,5-2,5 | 75,0 | | 15,0 | | | 7,5 | 2,5 | | | » |
| ЗлМНЦ12,5-10-2,5 | 75,0 | | 12,5 | | | 10,0 | 2,5 | 14,81 | 910—950 | » |

Н — никель, Кд — кадмий, Ц — цинк. Содержание компонентов определяется цифровым шифром.

В сплавах золотосеребряных, золотомедных и золотосеребряномедных цифровой шифр маркировки ставится в конце марки в тысячных долях.

Например, марка золота 750-й пробы ЗлСр750-250 означает двухкомпонентный золотосеребряный сплав с содержанием золота 750 долей из 1000 в сплаве (т. е. 75 %) и содержание серебра 250 долей, т. е. 25 %.

В марках золотомедных сплавов цифровой шифр указывается только для золота. Например, марка золота ЗлМ583 означает двухкомпонентный сплав с содержанием золота 58,3 % (583 проба), остальное — медь.

В марках золотосеребряномедных сплавов цифровой шифр ставится только для золота и серебра. Например, марка ЗлСрМ958-20 означает трехкомпонентный золотой сплав 958-й пробы, в котором присутствует кроме золота 2 % серебра, остальное (2,2 %) — медь.

В золотых сплавах с содержанием платины, палладия и никеля цифровой шифр указывает на процентное содержание каждого компонента, кроме золота. Например, марка ЗлМНЦ12,5-10-2,5 означает золотой сплав 750-й пробы, в котором меди — 12,5 %, никеля — 10 % и цинка — 2,5 %.

В марках золотых припоев золото имеет обозначение — ПЗл, а цифровой шифр указывает на процентное содержание и ставится после каждого компонента, кроме последнего. Например, марка золотого припоя ПЗл58,3Ср11М18Кд10Ц означает 5-компонентный сплав 583-й пробы, в котором серебра — 11 %, меди — 18 %, кадмия — 10 %, остальное (2,7 %) цинк.

Таблица 3. **Золотые сплавы 585-й пробы**

| Марка | Компоненты, % | | | | | | Плотность | T плав., °C | Цвет |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Pd | Ni | Zn | | | |
| ЗлСрМ585-80 | 58,5 | 8,0 | 33,5 | — | — | — | 13,24 | 878—905 | Красный |
| ЗлСрМ585-200 | 58,5 | 20,0 | 21,5 | — | — | — | 13,60 | 829—847 | Красноватый |
| ЗлСрМЦ585-11-27,5 | 58,5 | 11,0 | 27,5 | — | — | 3,0 | | | » |
| ЗлСрМНЦ8-22,8-8,2-3,3 | 58,5 | 8,0 | 22,8 | — | 8,2 | 3,3 | | | Желтый |
| ЗлМНЦ25-12,5-4 | 58,5 | — | 25,0 | — | 12,5 | 4,0 | | | » |
| ЗлСрМ585-300 | 58,5 | 30,0 | 11,5 | — | — | — | 13,92 | 835—880 | Зеленый |
| ЗлСрМЦ585-300-105 | 58,5 | 30,0 | 10,5 | | | 1,0 | | | » |
| ЗлСрМНЦ10-3-25-3,5 | 58,5 | 10,0 | 3,0 | — | 25,0 | 3,5 | | | Белый |
| ЗлСрПд25-16,5 | 58,5 | 25,0 | — | 16,5 | — | — | | | » |

Таблица 4. **Золотые сплавы 583-й пробы**

| Марка | Компоненты, % | | | | | | Плотность | *T* плав., °С | Цвет |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Pd | Ni | Zn | | | |
| ЗлМ583 | 58,3 | — | 41,7 | — | — | — | 13,01 | 907—922 | Ярко-красный |
| ЗлСрМ583-20 | 58,3 | 2,0 | 39,7 | — | — | — | | | » |
| ЗлСрМ583-42 | 58,3 | 4,2 | 37,5 | — | — | — | | | » |
| ЗлСрМ583-80 | 58,3 | 8,0 | 33,7 | — | — | — | 13,24 | 878—905 | Красный |
| ЗлСрМ583-125 | 58,3 | 12,5 | 29,2 | — | — | — | | | » |
| ЗлСрМ583-146 | 58,3 | 14,6 | 27,1 | — | — | — | | | » |
| ЗлСрМ583-200 | 58,3 | 20,0 | 21,7 | — | — | — | 13,60 | 829—847 | Красноватый |
| ЗлСрМ583-217 | 58,3 | 21,7 | 20,0 | — | — | — | | | Бледно-красный |
| ЗлСрМ583-250 | 58,3 | 25,0 | 16,7 | — | — | — | | | Зеленоватый |
| ЗлСрМ583-300 | 58,3 | 30,0 | 11,7 | — | — | — | 13,92 | 835—880 | Зеленый |
| ЗлСрМ583-337 | 58,3 | 33,7 | 8,0 | — | — | — | | | » |
| ЗлСр583-417 | 58,3 | 41,7 | — | — | — | — | 14,30 | 1025—1027 | » |
| ЗлСрМН3,2-35,7-2,8 | 58,3 | 3,2 | 35,7 | — | 2,8 | — | | | Розовый |
| ЗлМН35,4-6,3 | 58,3 | — | 35,4 | — | 6,3 | — | | | » |
| ЗлМН24,7-17 | 58,3 | — | 24,7 | — | 17,0 | — | | | Бледно-розовый |
| ЗлСрПд23,7-18 | 58,3 | 23,7 | — | 18,0 | — | — | | | Белый |
| ЗлМНЦ23,5-12,2-5 | 58,3 | — | 23,5 | — | 12,2 | 6,0 | | | » |

Государственные стандарты предусматривают все виды сплавов в большом разнообразии с расчетом на то, чтобы предприятие-изготовитель могло выбрать сплав нужной пробы и состава.

В табл. 1...5 приведены составы и характеристики ювелирных золотых сплавов различных проб действующих стандартов и ранее существовавших. По ним можно определить зависимость цвета сплава, плотности и температуры плавления от участия и соотношения легирующих компонентов сплава. Плотность и температура плавления указаны только для стандартных сплавов ГОСТ 6835 — 80.

Таблица 5. **Золотые сплавы 375-й пробы**

| Марка | Компоненты, % | | | Плотность | *T* плав., °С | Цвет |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Au* | *Ag* | *Cu* | | | |
| ЗлСрМ375-20 | 37,5 | 2,0 | 60,5 | 11,24 | 966—986 | Ярко-красный |
| ЗлСрМ375-100 | 37,5 | 10,0 | 52,5 | 11,41 | 926—940 | Красный |
| ЗлСрМ375-160 | 37,5 | 16,0 | 46,5 | 11,54 | 882—901 | » |

## СПЛАВЫ СЕРЕБРА

Серебряные сплавы менее разнообразны, чем золотые, все сходны по цвету, близки по механическим свойствам и, как правило, имеют один легирующий компонент. Серебряные сплавы (как и все драгоценные) характеризуют по пробам. Маркируются они аналогично золотым, имея буквенную марку и цифровой шифр. В серебряно-медных сплавах цифровой шифр указывается в тысячных долях, во всех остальных сплавах — в процентном отношении.

Серебряные припои маркируются иначе. В марках серебряных припоев серебро имеет обозначение Пср, а цифровой шифр в процентном выражении ставится после каждого компонента, кроме последнего. Например, ПСр72М означает 72 % содержания серебра в двухкомпонентном сплаве, остальное (28 %) — медь. Или ПСр70М26Ц означает содержание серебра в припое 70 %, меди 26 %, остальное (4 %) — цинк.

Таблица 6. **Серебряные сплавы**

| Проба | Марка | Плотность | *T* плав., °С |
|---|---|---|---|
| 960 | СрМ960 | 10,43 | 880—927 |
| 925 | СрМ925 | 10,36 | 779—896 |
| 916 | СрМ916 | 10,35 | 779—888 |
| 875 | СрМ875 | 10,28 | 779—855 |
| 800 | СрМ800 | 10,15 | 779—805 |
| 750 | СрМ750 | 10,06 | 779—785 |

ГОСТ 6836—80 предусматривает 18 серебряных сплавов 15 различных проб. В табл. 6 даны стандартные сплавы серебра, применяемые в ювелирной промышленности, их марки, плотность, температура плавления. Сплавы расположены в порядке уменьшения процентного содержания серебра.

Все стандартные сплавы 960, 925, 916, 875, 800 и 750-й проб серебряно-медные, имеют высокую пластичность, ковкость и тягучесть.

### СПЛАВ ПЛАТИНЫ

В современных ювелирных изделиях платиновый сплав встречается значительно реже. Платина, ранее широко применяемая для изготовления изделий с бриллиантами, а также оправ для бриллиантов, уступила место белому золоту. Платина насчитывает большое количество сплавов в основном технического назначения, большинство из них двухкомпонентны. Для ювелирных изделий используется сплав 950-й пробы, в состав которого кроме платины входит медь или иридий. Так же как и в золотых сплавах, сначала ставится марка, затем цифровой шифр. Цифровой шифр означает процентное содержание легирующего компонента и ставится через дефис. Например, ПлМ-5 означает содержание платины 95 %, меди 5 %. ПлИ-5 означает 95 % платины, 5 % иридия. Цвет сплава остается характерным для чистой платины.

## 1.5. ПРОБЫ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Пробой называют количественное содержание драгоценного металла в сплаве. Выражается проба количеством граммов благородных металлов в килограмме сплава. Контроль за содержанием драгоценного металла во всех материалах ведется повсеместно, начиная от только что добытых руд до готовых изделий и последующих их переработок. Средством контроля для готовых изделий является пробирное клеймо, которое указывает на содержание драгоценного металла в сплаве и ставится на каждое изделие, выпускаемое государственными предприятиями. Контроль, расход, учет и хранение драгоценных металлов осуществляется через зональные инспекции пробирного надзора. Инспекции пробирного надзора проверяют изделия на соответствие данной пробы, и только они имеют право пробирного клеймения.

Большинство стран пользуются метрической (самой точной) системой проб из расчета 1000-я проба — наивысшая, таким образом, клеймение идет трехзначным числом. Но 1000-я проба является условной, т. е. теоретически может достигать очень высокой чистоты драгоценного металла 999,999-й пробы и больших значений, но не получить 1000. Так же трудно добиться в сплаве идеально точного содержания драгоценного металла, поэтому устанавливается ремедиум (предельное отклонение от нормы).

В сплавах золотосеребряных, золотомедных и золотосеребряномедных установлен ремедиум, равный 3 единицам. Например, в золотом сплаве 583-й пробы содержание золота должно находиться в пределах 580...586 единиц (58,0...58,6%), т. е. отклонение от нормы составляет 3 ед. Золотые сплавы с содержанием никеля имеют ремедиум, равный 5. В сплавах 585-й пробы установлен плюсовой ремедиум, равный 5, исключающий минусовое отклонение.

В серебряных сплавах от 800-й пробы и выше установлен ремедиум 3, в сплавах ниже 800-й пробы — 5. Таким образом, допустимое отклонение основного компонента от нормы колеблется в пределах 0,003...0,006% в зависимости от сплава, что заставляет производителей выпускать довольно «строгие» сплавы. Метрическая система проб начала действовать в нашей стране с момента перехода на международные единицы массы в 1927 г. До этого времени существовали старые русские единицы массы и ювелирные изделия клеймились в золотниковой системе проб из расчета максимальной пробы — 96. Проба в золотниковой системе означала количество золотников в 1 фунте. Если в золотом изделии стоит проба 56, это значит, что в сплаве содержится 56 золотников чистого золота на 96 золотников общей массы, т. е. на 1 фунт. Один фунт равен 96 золотникам и соответствует 409,512 г; 1 золотник равен 96 долям и соответствует 4,266 г; 1 доля соответствует 0,044 г. В свою очередь 40 фунтов составляют 1 пуд и соответствуют 16,380 кг.

В золотниковой системе для золотых изделий были предусмотрены 56, 72, 92 и 94-я пробы. Серебряные изделия в разные периоды времени могли клеймиться 72, 74, 82, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 94-й пробами.

Золотниковое клеймо указывает на качество сплава. Например, проба 56 означает, что в 96 частях сплава находится 56 частей золота.

Некоторые страны клеймят ювелирные изделия в каратной системе проб из расчета максимальной пробы — 24. В данной весовой системе 24 карата составляет 1 кельнскую марку, что соответствует 233,855 г, следовательно, 1 карат соответствует 9,744 г. Существующие каратные пробы 9, 14, 18, 22-я предусмотрены только для золота и означают содержание чистого золота в сплаве. Например, проба 18 карат означает присутствие 18 частей золота в 24 частях сплава. Для пробирного клеймения серебряных изделий в этих странах существует множество фигурных клейм, означающих качество сплава или надпись «серебро» на языке, принятом в данной стране для клеймения.

В табл. 7 приведено соотношение золотых проб различных систем, применяемых для ювелирных изделий.

Для того чтобы ориентироваться в изделиях, заклейменных

Таблица 7. **Соответствие метрических проб золотых изделий пробам других систем**

| Пробы | | | Примечания |
|---|---|---|---|
| метрическая | золотниковая | каратная | |
| 999,9 (1000) | 96 | 24 | Проба чистого золота |
| 958 | 92 | | |
| 750 | 72 | 18 | |
| 585; 583 | 56 | 14 | |
| 500 | 48 | | Проба золотых изделий ранее принятых сплавов |
| 375 | 36 | 9 | |
| 333 | | | Проба изделий зарубежного производства |

в различных системах проб, необходимы переводные коэффициенты. Между метрической и каратной системами переводным коэффициентом будет 0,024. Для перевода каратной пробы в метрическую достаточно каратную пробу разделить на 0,024, а для перевода метрической в каратную — метрическую умножить на 0,024. Например:

(каратная) 18 : 0,24 = 750 (метрическая);

(метрическая) 585 × 0,024 = 14 (каратная).

Между метрической и золотниковой переводным коэффициентом будет 0,096. Для перевода золотниковой пробы в метрическую нужно золотниковую разделить на 0,096. И наоборот, для перевода метрической пробы в золотниковую — метрическую умножают на 0,096. Например:

(золотниковая) 72 : 0,096 = 750 (метрическая) и т. д.

## Опробование изделий

Все ювелирные изделия, выпускаемые государственными предприятиями, проходят пробирное клеймение. Инспекции пробирного надзора перед клеймением пробируют на содержание драгоценных металлов, согласно правилам, определенный процент ювелирных изделий, причем применяют как неразрушающие, так и разрушающие методы анализа. Только после положительного результата ювелирное изделие снабжают соответствующим клеймом. Опробование ювелирных изделий проводят также при проверках и инвентаризациях на предприятиях, в ювелирных магазинах, ювелирных мастерских, в скупках драгоценных металлов от населения и т. д.

Наиболее распространенным является метод неразрушающего контроля — на пробирном камне. Опробование на пробирном камне — это способ приближенного определения пробы. Для более точного определения пробы изделия подвергают пробирно-

химическому анализу, основанному на выделении из навески сплава чистого драгоценного металла, по массе которого определяют количество драгоценного металла в сплаве. При определении пробы драгоценных изделий этим способом целостность изделия нарушается.

Преимущества опробования на пробирном камне — сохранение целостности изделий, определение изделий из любых драгоценных сплавов, простота и скорость опробования. Точность определения у квалифицированного пробирера до 2 единиц. Для проведения опробования необходимы пробирные: камень, иглы и реактивы.

Пробирный камень — кремнистый сланец черного цвета (без трещин и инородных включений), мелкозернистого строения, с ровно отшлифованной поверхностью. Камень должен обладать хорошей стойкостью против действия азотной, серной, соляной кислот и их смесей.

Пробирные иглы — полоски драгоценных сплавов, припаянные к латунным пластинкам, на которых обозначена проба данной иглы. Для каждой пробы существует комплект игл, различных по цвету вследствие разницы в содержании легирующих металлов. В комплект пробирных игл каждого вида драгоценного металла (золото, серебро, платина) должны входить иглы каждого стандартного сплава и иглы контрольных промежуточных проб. Таким образом, чем больше сплавов включает стандарт на каждую пробу, тем полнее комплект пробирных игл.

Пробирные реактивы — это водные растворы кислот, смесей кислот или растворы солей, с помощью которых опробуют поверхность испытуемого металла.

Действие кислотных реактивов однотипно; на сплавах выше указанной пробы реактив не оставляет никакого следа; на сплавах указанной пробы оставляет легкую «тень» (еле заметный глазом след); на сплавах ниже указанной пробы оставляет «ожог» (темное пятно), интенсивность которого зависит от разницы в пробах.

Несмотря на то что кислотные реактивы охватывают практически все пробы золота, наиболее универсальным, привычным и чаще используемым является реактив хлорное золото, представляющий собой раствор золотохлористоводородной кислоты (табл. 8). Для приготовления реактива на 583-ю и 585-ю пробы необходимо растворить 37,6 г золотохлористоводородной кислоты в 1000 мл дистиллированной воды. На этот объем реактива будет затрачено 18,0 г металлического золота — «чистоты». Золотохлористоводородную кислоту получают растворением металлического золота в смеси соляной и азотной кислот (4 части HCL плотностью 1,19 и 1 часть $HNO_3$ плотностью 1,38...1,40). Раствор выпаривают до начала кристаллизации, полученный остаток и будет исходным продуктом.

При определении золота 583-й и 585-й проб реактив хлорное золото более точен в сравнении с кислотным, и несмотря на

Таблица 8. **Кислотные реактивы для золота**

| № п/п | Проба золота | Количество, % | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $HNO_3$ (плотн. 1,4) | HCl (плотн. 1,19) | Дистиллированная вода |
| 1 | 375 | 59,5 | — | 40,5 |
| 2 | 500 | 100,0 | — | — |
| 3 | 583/585 | 46,0 | 4 капли | 54,0 |
| 4 | 750 | 59,3 | 1,1 | 39,6 |
| 5 | 833 | 68,7 | 1,3 | 30,0 |
| 6 | 900 | 69,2 | 1,3 | 29,5 |
| 7 | 958 | 78,7 | 2,0 | 19,3 |

узкую его направленность (опробование 583-й и 585-й проб) диапазон действия реактива достаточно велик. При навыке этим реактивом можно определять золотые сплавы от нижнего предела до 600-й пробы, определяя пробу по цвету и интенсивности окисления на золоте. Зная характер окисления, можно отличать и серебро от других белых металлов. Действие данного реактива на разные по пробам сплавы различно.

На золотые сплавы от «чистоты» до 585-й пробы реактив не действует; на сплавах 583-й пробы оставляет легкую тень; 500-й пробы — светло-коричневый оттенок; 375-й пробы — темный каштановый осадок.

Чем ниже проба, тем темнее и непрозрачнее осадок, переходящий из каштанового в черный.

Серебро, реагируя с хлорным золотом, оставляет темное пятно с зеленым оттенком.

Реактив хлорное золото не действует на платину, металлы платиновой группы и некоторые нержавеющие стали.

Универсальным реактивом для золотых сплавов можно считать также кислотный на 500-ю пробу золота. Это чистая азотная кислота, которая реагирует на все золотые сплавы ниже 583-й пробы. Реактив наиболее дешевый и доступный. На золотых сплавах ниже 500-й пробы металл под каплей реактива начинает выделять пузырьки. Чем ниже проба, тем интенсивнее выделение. На металлах, не содержащих золота, реакция мгновенная с выделением зеленой пены и шипением. На серебре от «чистоты» до 800-й пробы азотная кислота оставляет серовато-белое матовое пятно, с понижением пробы серебро под каплей реактива заметно выделяет пузырьки, ниже 600-й пробы — кипит. Реактив рекомендуется как начальный при неизвестном испытуемом материале.

Для серебра в основном используют два типа реактивов — азотнокислое серебро и хромпик. Азотнокислое серебро представляет собой водный раствор соли азотнокислого серебра в различных концентрациях (табл. 9).

Под действием данных реактивов на серебре, соответствую-

Таблица 9. **Реактивы — азотнокислое серебро**

| № п/п | Проба серебра | Азотнокислое серебро, г | Дистиллированная вода, мл |
|---|---|---|---|
| 1 | 750 | 0,45 | 100 |
| 2 | 800 | 0,50 | 100 |
| 3 | 875 | 0,70 | 100 |
| 4 | 916 | 0,75 | 100 |
| 5 | 960 | 0,80 | 100 |

щем реактиву, образуется слабый серовато-белый налет. На серебре низшей пробы относительно реактива интенсивность пятна возрастает. На изделиях высшей пробы относительно реактива пятна не образуется. При ослаблении действия реактива можно его усилить добавлением капли азотной кислоты.

Реактив хромпик — это водный раствор соли двухромовокислого калия с добавлением серной кислоты. Несмотря на то что хромпик в сравнении с азотнокислым серебром дает менее точный диагноз, применяется он чаще. Приблизительный процент содержания серебра в сплаве хромпиком можно определить в интервале от «чистоты» до 600-й пробы. А в сочетании с другими реактивами можно определить серебряный сплав даже ниже 500-й пробы.

Под действием хромпика серебро 600-й пробы оставляет темный буро-красный осадок. Яркость пятна возрастает с повышением пробы. В пределах 780...820-й проб бурые оттенки исчезают, переходя в оранжевый цвет. С повышением пробы краснота возрастает, серебро 875-й пробы реагирует красным цветом. Яркость красного цвета возрастает, переходя в «кровавый» выше 900-й пробы. С понижением пробы ниже 600-й реакция прекращается, однако, если предварительно опробовать сплав азотной кислотой (реактив 500-й пробы для золота), на этом месте хромпик даст красную реакцию серебра. При определенном навыке хромпиком можно опробовать серебряные сплавы с точностью до 20 единиц.

**Состав хромпика**

Двухромовокислый калий — 9,4 г
Дистиллированная вода — 100 мл
Серная кислота ($H_2SO_4$) — 6,8 мл

Для опробования серебра существует реактив и с более точной диагностикой — реактив железосинеродистого калия, который позволяет определять содержание серебра в ювелирных сплавах с точностью до 5 проб. Реактив представляет собой водный раствор железосинеродистого калия с добавлением серной кислоты.

На высокопробных сплавах серебра раствор оставляет зеленоватые осадки с желтизной, на низкопробных — коричневатые. Реактив очень чувствителен к изменению лигатурного состава, оставляет различные оттенки осадка. Таким образом, путем сравнения цвета оттенка испытуемого сплава с оттенками натиров пробирных игл довольно близко определяют соответствие сплавов.

**Состав железосинеродистого калия**

Железосинеродистый калий — 44 г
Дистиллированная вода — 100 мл
Разбавленная (1:4) серная кислота $H_2SO_4$ — 5 мл

Однако реактивом железосинеродистого калия пользуются только в инспекциях пробирного надзора. Вследствие быстрого разложения на воздухе реактив может храниться не более 4 дней, что делает его применение в других условиях весьма затруднительным.

При опробовании платины используют два типа реактивов: кислотный для золота 958-й пробы и реактив йодистый калий. Оба реактива дают показатель только при подогреве пробирного камня с натирами платиновых сплавов.

Кислотный реактив оставляет потемнение на сплавах платины, по интенсивности которого путем сравнения дают заключение о пробе.

**Состав реактива йодистый калий**

Йодистый калий (KJ) — 10 г
Соляная кислота (HCl плотн. 1,19) — 75 мл
Азотная кислота ($HNO_3$ плотн. 1,4) — 25 мл

Действие йодистого калия на платину неоднозначно. На технически чистую платину реактив не действует, но в сплавах с различными металлами реактив дает различные осадки. Платиновый сплав с содержанием меди под действием реактива дает осадок желтого цвета. Чем ниже проба, тем темнее осадок. Присутствие палладия в сплаве дает оранжевую окраску осадка, интенсивность цвета усиливается с понижением пробы. Коричневый оттенок осадка свидетельствует о содержании иридия в платиновом сплаве, а грязно-зеленый — о содержании родия.

Данный реактив реагирует со всеми ювелирными сплавами: на сходных по цвету сплавах белого золота оставляет «ожоги», на палладии — красное пятно.



## Техника опробования изделий

Перед опробованием пробирный камень слегка смазывают маслом (миндальным, ореховым или костяным) и насухо протирают. Затем на камне производят натир испытуемым металлом. Натир делают плотный, шириной 2...3 мм, длиной 15...20 мм. Рядом делают натиры сходных по цвету пробирных игл. Затем стеклянной палочкой, смоченной в реактиве, наносят мокрую черту, пересекающую сделанные натиры. Через 15...20 с (для золота и серебра) реактив высушивают фильтровальной бумагой и сравнивают оттенки испытуемого металла и пробирных игл, по которым и определяют соответствие пробы.

Для платины пробирный камень с полосками натиров нагревают на электромармите до температуры 70...80° С. Реактивом смачивают каждый участок натира отдельно, не соединяя их между собой. При опробовании кислотным реактивом камень снимают, как только натир испытуемого металла начнет реагировать, и остатки реактива высушивают фильтровальной бумагой. При определении йодистым калием реактиву позволяют высохнуть, а затем по цвету и интенсивности осадка на испытуемом металле путем сравнения с пробирными иглами делают заключение по пробе. Перегревать камень до закипания реактива нельзя во избежание нарушения цвета осадка.

По окончании опробования натиры с пробирного камня счищают пемзой, камень промывают водой и высушивают.

Проверка драгоценных металлов на пробирном камне дает достаточно близкий показатель, но и этот способ доступен не всем предприятиям. Не все ювелирные мастерские, ломбарды, скупки драгоценных металлов имеют возможность в силу сложившихся условий оснастить рабочие места пробирными иглами и камнем. И тогда используется так называемый капельный способ опробования драгоценных металлов. Этот способ заключается в том, что поверхность изделия зачищают шабером или надфилем и на подготовленное место наносят каплю реактива. Через 15...20 с каплю снимают фильтровальной бумагой и по реакции металла на реактив определяют пробу. Капельный метод опробования имеет только одно преимущество — скорость, во всем остальном он уступает методу проверки на пробирном камне: менее точен, так как реакцию испытуемого металла приходится сравнивать не с пробирными иглами, а со своим ощущением (цветовая память реакций); таким способом чрезвычайно трудно исследовать платину. Однако квалификация приемщиков и опыт работы позволяют с точностью до 20 — 30 проб определять золотые и серебряные изделия.

? 1. Перечислите металлы, относящиеся к драгоценным. 2. Какие свойства выделяют металлы в группу драгоценных (благородных)? 3. Какие драгоценные металлы наиболее употребимы для изготовления ювелирных изделий? 4. Как драгоценные металлы реагируют на ртуть? 5. Какие кислоты растворяют золото и серебро? 6. Какие компоненты являются основой золотых сплавов? 7. Какие компоненты окрашивают золото в белый цвет? 8. Назовите основные реактивы для опробования золотых и серебряных сплавов.

# ГЛАВА 2

# ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ

Название «ювелирные камни» весьма условно. Камни стали называться так за возможность использования их в ювелирных изделиях. Невозможно назвать и точное количество камней, используемых в ювелирных целях. Этот список постоянно пополняется — жизнь, мода и технический прогресс вносят свои коррективы. Меняется представление людей и о ценности камня. Одни ценят его за «лечебные» свойства, другим камень должен принести «счастье» (согласно легенде), третьим нравится долговечность камней, четвертые просто вкладывают в них деньги. Одно остается неизменным — красота. Она-то и позволяет одним камням вечно удерживаться в «должности» ювелирных, другим (в том числе и синтетическим) по праву занять свое место в ювелирных изделиях.

Устарели и стали спорными понятия «драгоценный» и «полудрагоценный», введены понятия — «ювелирный», «ювелирно-поделочный» и «поделочный», которые наиболее точно отражают назначение интересных камней. Но не ослабевает интерес человека к красивому камню.

В этой главе ювелирными мы будем называть все камни, способные быть вставкой в ювелирном изделии.

## 2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

Говоря строго, в минералогии понятия «камень» не существует — земля состоит из минералов и горных пород. Минералы — это природные твердые образования земной коры, однородные по химическому составу и в большинстве своем кристаллические по структуре.

Горные породы — это природные минеральные смеси. Образования могут быть рыхлыми (песок), уплотненными (глинистая порода или песчаники) и твердыми (обсидиан, яшма, гранит).

Ювелирные камни могут быть представлены как минералами, так и горными породами. Кроме того, исконно ювелирными с давних времен и по сегодняшний день считают жемчуг, коралл, янтарь — материалы органического происхождения, которые не относятся к минералам и горным породам. Многочисленные материалы синтетического происхождения продолжат список ювелирных вставок.

Классифицировать ювелирные камни непросто. Специалисты различных профессий систематизируют ювелирные камни по разным признакам: геологи — по месту рождения, минерологи — по химическому составу, торговые работники — по стоимости, работники промышленности — по способности обрабатываться.

Геммологов* и ювелиров интересует все, что касается ювелирных камней. Поэтому классификации разных авторов отличаются друг от друга. Долгое время была привычной классификация М. Бауэра — А. Е. Ферсмана, но со временем устарели понятия «драгоценный», «полудрагоценный», «цветные камни»; изменилось определение «самоцветов»; открыты новые минералы, произошла «переоценка ценностей». Введены другие классификации ювелирных камней, например, предложенная доктором геолого-минералогических наук, проф. Е. Я. Киевленко или разработанная Всесоюзным научно-исследовательским институтом ювелирной промышленности (ВНИИювелирпромом). Обе классификации имеют свои достоинства. «Общая классификация ювелирных и поделочных камней» Е. Я. Киевленко более привычна ювелирам. Таблица проста, в ней присутствуют все природные камни, с которыми сталкиваются ювелиры в работе.

Классификация Е. Я. Киевленко (табл. 10) группирует камни

Таблица 10. **Общая классификация ювелирных и поделочных камней Е. Я. Киевленко**

| Группа | Порядок | Наименование камней |
|---|---|---|
| Ювелирные (драгоценные камни) | I | Рубин, изумруд, алмаз, сапфир синий |
| | II | Александрит, оранжевый, зеленый и фиолетовый сапфир, благородный черный опал, благородный жадеит |
| | III | Демантоид, шпинель, благородный белый и огненный опал, аквамарин, топаз, родолит, турмалин |
| | IV | Хризолит, циркон, желтый, зеленый и розовый берилл, кунцит, бирюза, аметист, пирон, альмандин, лунный и солнечный камень, хризопраз, цитрин |
| Ювелирно-поделочные камни | I | Лазурит, жадеит, нефрит, малахит, чароит, янтарь, горный хрусталь (дымчатый и бесцветный) |
| | II | Агат, амазоний, гематит-кровавик, родонит, непрозрачные иризирующие полевые шпаты (беломорит и т. п.), иризирующий обсидиан, эпидотгранатовые и везувиановые родингиды (жады) |
| Поделочные камни | | Яшма, мраморный оникс, обсидиан, гагат, окаменелое дерево, лиственит, рисунчатый кремень, графический пегматит, флюорит, авантюриновый кварцит, селенит, агальмотолит, цветной мрамор и т. п. |

* Геммология — наука о самоцветах, драгоценных и поделочных камнях. В сферу интересов геммологии входит изучение, диагностика, оценка и ценообразование, обработка самоцветов, а также создание новых синтетических и облагораживание низкосортных природных самоцветов. В настоящее время принято считать, что это материал органического и неорганического происхождения, красота и прочность которого позволяет использовать его как ювелирное сырье.

по прозрачности, красоте цвета и рисунка, стоимости. В группу «ювелирные камни» вошли камни в основном прозрачные и просвечивающие. В группу «ювелирно-поделочные» — просвечивающие и непрозрачные. В группу «поделочные камни» — за некоторым исключением камни непрозрачные, используемые в камнерезных изделиях и для облицовочных работ.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЮВЕЛИРНЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ ВНИИЮВЕЛИРПРОМА

### *Тип I. Ювелирные камни*

Подтип I-1. Прозрачные камни:

группа I-1-1. Твердость 10 — алмаз;

группа I-1-2. Твердость 7...10 — корунд, берилл, турмалин, гранат, хризоберилл, шпинель, монокристаллы кварца, топаз, эвклаз, фенакит, циркон, кордиерит, андалузит, ставролит;

группа I-1-3. Твердость менее 7 до 5 — сподумен, хризолит, кланит, диоптаз, бразилианит, танзанит, хромдиопсид, апатит, бенитонит, оксинит, сканолит, томсонит, данбурит, улексит, касситерит, гамбергит, актинолит, зеленый обсидиан;

группа I-1-4. Твердость менее 5 — сфалерит, флюорит, брусит, цинкит, шеелит.

Подтип I-2. Непрозрачные, сверкающие камни:

группа I-2-1. Однородные — гематит-кровавик, пирит, кобальтин, псиломелан;

группа I-2-2. Рисунчатые — гематит-гетитовая стеклянная голова, криптомелан-голландитовая стеклянная голова.

Подтип I-3. Просвечивающие камни:

группа I-3-1. Яркоокрашенные камни — сердолик, хризопраз, хлоропал, розовый кварц, цветные полуопалы, смитсонит, пренит, цоизит, полупрозрачный жадеит;

группа I-3-2. Камни с рисунком или красивыми включениями — агат, волосатик, моховик, оникс (сардоникс, карнеол, оникс);

группа I-3-3. Камни без рисунка и цветной окраски — халцедон, полуопал, кахолонг;

группа I-3-4. Псевдохроичные камни с определенной ориентировкой — благородный опал, лунный камень, иризирующий обсидиан.

Подтип I-4. Непрозрачные матовые камни с красивой окраской и плотной фактурой поверхности:

группа I-4-1. Камни, применяемые в изделиях с последующей обработкой, — бирюза, варисцит, коралл;

группа I-4-2. Камни, применяемые в естественном виде, — жемчуг.

### *Тип II. Ювелирно-поделочные камни*

Подтип II-1. Вязкие камни, твердость более 6:

группа II-1-1. Нефрит, жадеит и их твердые естественные имитации, гранат-хлоритовая порода, ксенотлит, фибролит.

Подтип II-2. Камни средней вязкости, твердость 5...6:

группа II-2-1. Яркоокрашенные камни — лазурит, родонит, амазонит, яшма, унакит (агрегат эпидота и калиевого полевого шпата), чароит;

группа II-2-2. Рисунчатые камни — окаменелое дерево, пегматит графический, кремень рисунчатый, яшма, обсидиан, гелиотроп, периливт;

группа II-2-3. Псевдохроичные камни — беломорит, соколиный и тигровый глаз, серебристый («иризирующий») обсидиан, авантюрин, перламутр;

группа II-2-4. Камни, применяющиеся в естественном виде:

подгруппа П-2-4а. Массивные камни — почки халцедона, смитсонита, нефрита;

Подгруппа II-2-4б. Корки и наросты — аметистовые и кварцевые щетки, корочки уваровита, дендриты марганцевых минералов, самородной меди и серебра.

Подтип II-3. Мелкие и средней твердости камни:

группа II-3-2. Обрабатываемые в холодном состоянии — малахит, азурит, змеевик, антрацит.

### *Тип III. Поделочные камни*

Подтип III-1. Твердость более 5:

группа III-1-1. Стекловатые — обсидианы, яшмы, роговики, микрокварциты, железистые роговики;

группа III-1-2. Гетерогенные горные породы и минеральные агрегаты:

подгруппа III-1-2а. Льдистый кварц, кварцит-таганай, амазонитовый гранит;

подгруппа III-1-2б. Перидотиты, пироксениты, геденбергитовый скарн;

подгруппа III-1-2в. Лиственит, джеспилит;

подгруппа III-1-2г. Эклогит, гранатовый гнейс, турмалинсодержащие породы;

подгруппа III-1-2д. Гранитоиды, нефелиновые сиениты, кабрадорий, порфиры и т. д.

Подтип III-2. Твердость от 5 до 3:

группа III-2-1. Просвечивающие — оникс, арагонитовый и кальцитовый, флюорий;

группа III-2-2. Непрозрачные — мраморы, офиокальцит, ангидрит, змеевик, хлоритсерпентиновая порода.

Подтип III-3. Мягкие, твердость менее 3:

группа III-3-1. Просвечивающие — алебастр, селенит, галит;

группа III-3-2. Непрозрачные — графит, талькохлорит, пирофиллит, брусит, стеатит.

Классификация ВНИИювелирпрома группирует камни по твердости, прозрачности и художественным особенностям. В ней максимальный охват камней от «классических» ювелирных до коллекционных.

Обе классификации делят камни на ювелирные, ювелирно-поделочные и поделочные. Естественно, что все эти понятия условны, не может быть четкой границы между ними.

Поделочными называют камни, пригодные для камнерезного изделия, однако это не мешает им занимать место вставки в ювелирных украшениях. И наоборот, существуют поделки, изготовленные из ювелирных камней (чисто ограночного материала). Таким образом, любая классификация по прозрачности, твердости, цвету, стоимости, применению и т. д. — субъективна. Один и тот же материал в зависимости от качества (например, рубин) может иметь высокое качество и быть драгоценным в ювелирном украшении, а может иметь очень низкое качество и быть только коллекционным материалом.

Единственно объективная и неизменная классификация, принятая научной минералогией и геммологией, это деление по классам минералов, т. е. по химическому составу (табл. 11). Такая классификация удобна для изучения камней, так как каждый класс, включая в себя минерал, включает и его разновидности, образуя как бы семейства. По типу наиболее распространенных химических соединений минералы делятся на самородные элементы, сульфидные соединения, галоидные соединения, оксиды, карбонаты, фосфаты, силикаты, органические соединения.

Характеристика самоцветов выражается перечислением их свойств: физических, химических, декоративных и т. д. Ювелиры в работе сталкиваются с самоцветами уже обработанными и гораздо реже (как любители) в породе. Поэтому, изучая характеристику камней, имеет смысл в большей степени учитывать те свойства, которые можно проверить на ограненном (а иногда и закрепленном в оправу) камне, и те, которые могут отрицательно повлиять на камень в работе.

Таблица 11. **Типы химических соединений и входящие в них наименования ювелирных и коллекционных камней**

| Тип (класс) | Наименование камней |
|---|---|
| Самородные элементы | Алмаз |
| Сульфидные соединения (сульфиды) | Пирит, сфалерит, галенит |
| Галоидные соединения (галогениды) | Флюорит |
| Оксиды | Корунд (его разновидности), шпинель, хризоберилл (его разновидности), кварц (его разновидности), халцедон (его разновидности), опалы |
| Карбонаты | Малахит, мраморный оникс |
| Фосфаты | Бирюза, апатит |
| Силикаты | Оливин (хризолит), циркон (его разновидности), топаз, берилл (его разновидности), турмалин (его разновидности), гранат (его разновидности), родонит, хромдиоксид, жадеит, нефрит, полевой шпат (его разновидности), амазонит, лазурит |
| Органические соединения | Янтарь, жемчуг, кораллы |

## Свойства, характеризующие самоцветы

**Твердость** — сопротивление царапанию.

Твердость минералов принято определять по шкале Мооса. Шкала Мооса представляет собой сравнительный набор минералов различной твердости, где за максимальную единицу принята твердость алмаза (табл. 12).

Твердость испытуемого камня проверяется царапанием его эталонными «карандашами твердости». Эталонный карандаш представляет собой минерал, вмонтированный в металлическую ручку с номером, соответствующим твердости. Полный набор карандашей обеспечивает проверку на твердость любого минерала. Стандартные карандаши твердости предназначены для необработанных камней и не годятся для ювелиров, так как ювелирная работа ведется с обработанным камнем. Для этой цели нужно иметь карандаш с обломком минерала на конце не более 2,5 мм в сечении. Проверка на твердость ограненного камня проводится лишь в тех случаях, когда другие способы диагностики не дали результатов. Нельзя проверять твердость на лицевой стороне ограненного камня. Начинать проверку на твердость надо с карандашей меньшей твердости по возрастающей. И ни в коем случае не пробовать алмазным карандашом (№ 10) — он царапает все, поэтому результата от проверки камня (кроме алмаза) не будет.

**Хрупкость** — способность камня крошиться под давлением (нажимом). Это свойство необходимо учитывать при посадке камня в гнездо и закрепке его.

**Вязкость** — сопротивление удару. Случаи необычной вязкости оговариваются особо и учитываются при выборе материала для камнерезных работ.

Таблица 12. **Шкала твердости Мооса**

| Единица твердости | Эталонный минерал | Сравнительная характеристика |
|---|---|---|
| 1 | Тальк | Скоблится ногтем |
| 2 | Гипс | Царапается ногтем |
| 3 | Кальцит | Царапается медной монетой |
| 4 | Флюорит | Легко царапается ножом |
| 5 | Апатит | С трудом царапается ножом |
| 6 | Ортоклаз | Царапается напильником |
| 7 | Кварц | Царапает оконное стекло |
| 8 | Топаз | Легко царапает кварц |
| 9 | Корунд | Легко царапает топаз |
| 10 | Алмаз | Не царапается ничем (легко царапает корунд) |

**Излом** — характер поверхности обломка. Является важным диагностическим признаком. Для ювелиров может быть полезен при диагностике даже ограненных камней, рассматривая сколы

в лупу. Излом различают раковистый, занозистый, волокнистый, ровный, неровный, ступенчатый и землистый.

**Цвет**, или окраска самоцвета, — один из важных диагностических признаков. Различают идиохроматическую, аллохроматическую и псевдохроматическую окраску.

Идиохроматическая — собственная окраска, связанная с элементами их состава, зафиксированными химической формулой.

Аллохроматическая — посторонняя окраска, вызванная присутствием тонкорассеянных механических примесей (агаты, яшмы, авантюрин и др.).

Псевдохроматическая — вызванная возникновением цветовых эффектов, связанных с отражением и рассеянием света (кошачий глаз, звездчатый, эффект лунных камней и др.).

**Прозрачность** (светопроницаемость) — способность минерала пропускать свет. Прозрачность определяется свойством материала пропускать свет и характеризуется терминами: прозрачный, просвечивающий и непрозрачный.

Прозрачным называют такой материал, сквозь который можно ясно видеть другие объекты. Просвечивающим материал называют, когда сквозь него нельзя ясно различать предметы, а лишь смутно общие очертания.

Непрозрачным называют материал, не пропускающий свет. Употребляются иногда термины полупрозрачный, полупросвечивающий.

**Светопреломление** — отклонение направления светового луча при вхождении в другую среду. Светопреломление характеризуется показателем преломления, т. е. отношением скорости света в воздухе к скорости света в камне. Показатель преломления измеряется специальным прибором — рефрактометром. Показатель преломления является одним из важнейших признаков диагностики. Показатель преломления в самоцветах колеблется от 1,434 (у флюорита) до 3,14 (у гематита). Показатель преломления алмаза 2,418. Чем выше показатель преломления камня, тем сильнее его блеск.

**Блеск** — внешний вид минерала в отраженном свете. Блеск различают стеклянный, алмазный, полуметаллический, металлический. Практикой установлено, что стеклянным блеском обладают камни с показателем преломления в диапазоне 1,3...1,9 (основное количество самоцветов); алмазным — с показателем 1,9...2,6; полуметаллическим 2,6...3,0; металлическим — свыше 3,0. Блеск зависит еще и от характера поверхности минерала и определяется как жирный, восковой, шелковистый, перламутровый, матовый, смолистый.

Все свойства, за которые так ценят ювелирный камень, могут быть проявлены в большей степени у обработанного камня. Собственно только ограненный камень становится драгоценным.

## ВИДЫ ОГРАНОК

*Огранкой* считается процесс шлифования камня плоскостями различных форм. Нанесенные плоскости называются гранями, или фацетами. В результате огранки можно проявить лучшие свойства самоцвета — цвет, блеск, «игру», в то же время скрыть природные «недостатки» — неравномерность цвета, поверхностные дефекты и др. Существуют 2 основных вида огранки: бриллиантовая и ступенчатая (рис. 1). Они являются основой различных форм и типов огранок. Почти все другие типы огранок являются разновидностями этих видов (рис. 2—8). Формы и типы огранок имеют свои названия. Форма определяется контуром камня со стороны площадки, основные названия: «круглый», «овал», «груша», «маркиз», «изумруд», «квадрат», или «каре», «багет», а также фантазийные формы различных названий.

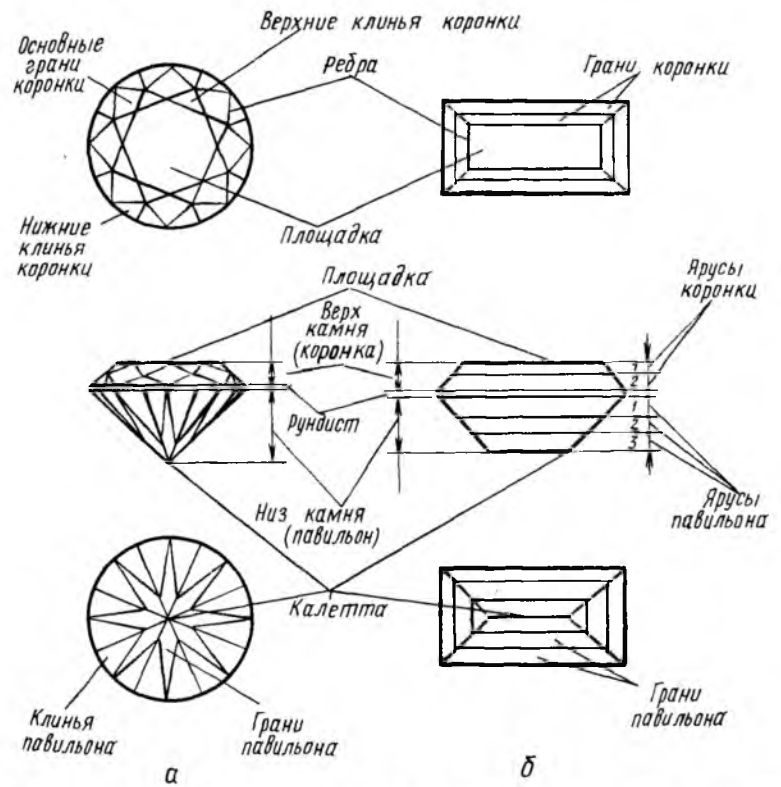



Рис. 1. Элементы ограненных камней бриллиантовой и ступенчатой огранок: *а* — бриллиантовая огранка, *б* — ступенчатая огранка

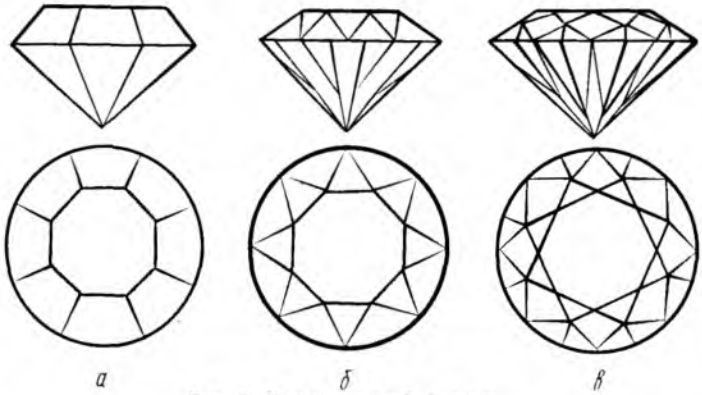



Рис. 2. Камни круглой формы:

*а* — простая (упрощенная) бриллиантовая огранка (17 граней), *б* — швейцарская бриллиантовая огранка (33 грани), *в* — полная бриллиантовая огранка (57 граней)

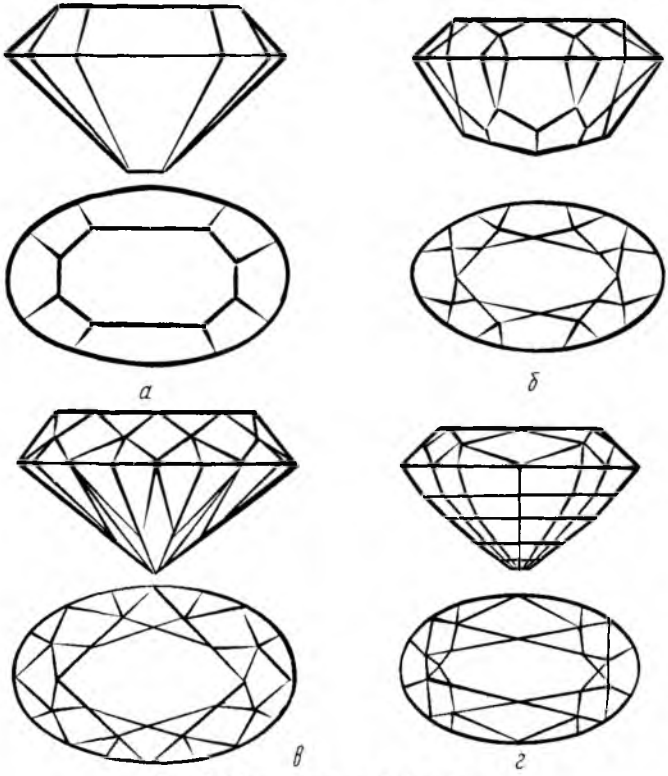



Рис. 3. Камни овальной формы:

*а* — «овал» упрощенной бриллиантовой огранки, *б* — «овал» полубриллиантовой огранки, *в* — «овал» полной бриллиантовой огранки (57 граней), *г* — «овал» смешанной огранки

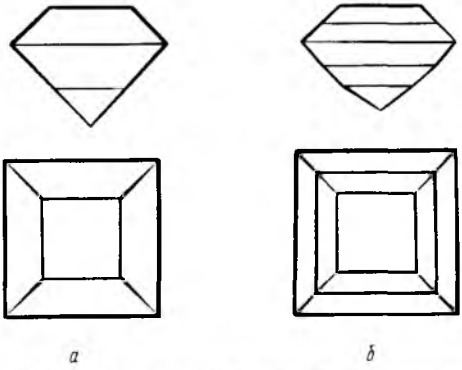



Рис. 4. Камни квадратной формы ступенчатой огранки:
*а* — 13 граней, *б* — 21 грань

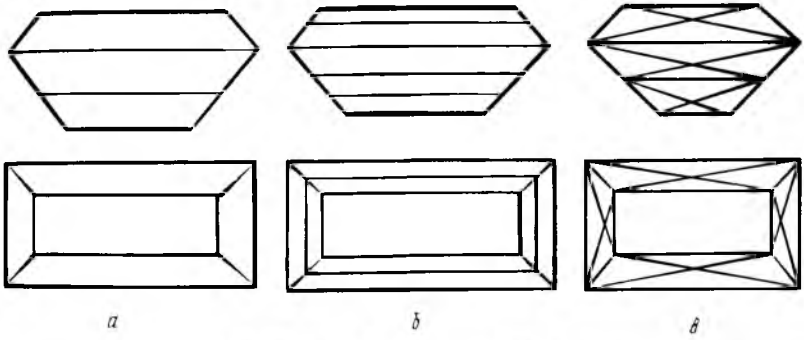



Рис. 5. Камни прямоугольной формы:
*а* — «прямоугольник» («багет») ступенчатой огранки (13 граней), *б* — «прямоугольник» («багет») ступенчатой огранки (21 грань), *в* — «прямоугольник» огранки клиньями

Тип огранки определяется формой граней, характером их расположения, а также количеством граней. Исключением является «кабошон» — гладкоотшлифованный выпуклый камень. Кабошон (рис. 9) считается огранкой, хотя граней на нем (кроме основания) может и не быть, форма основания кабошона и выпуклость бывает различная. Если фацетной огранке подвергают в основном камни прозрачные, то кабошоном обрабатывают просвечивающие и непрозрачные. Кабошон усиливает оптические эффекты камня. Если минералу свойственны иризация, переливчатость, астеризм*, камни обрабатывают кабошоном.

* Иризация — радужная игра цвета внутри или на поверхности камня, вызванная разложением света. Переливчатость — эффект «кошачьего глаза» (мерцания световой полосы), вызванный расположением параллельно-волокнистых агрегатов, игольчатых кристаллов или каналов. Астеризм — звездчатый эффект (скрещивающихся световых лучей), вызванный скоплением мелких волокон, кристаллов или каналов, соответственно ориентированных к оси кристалла.

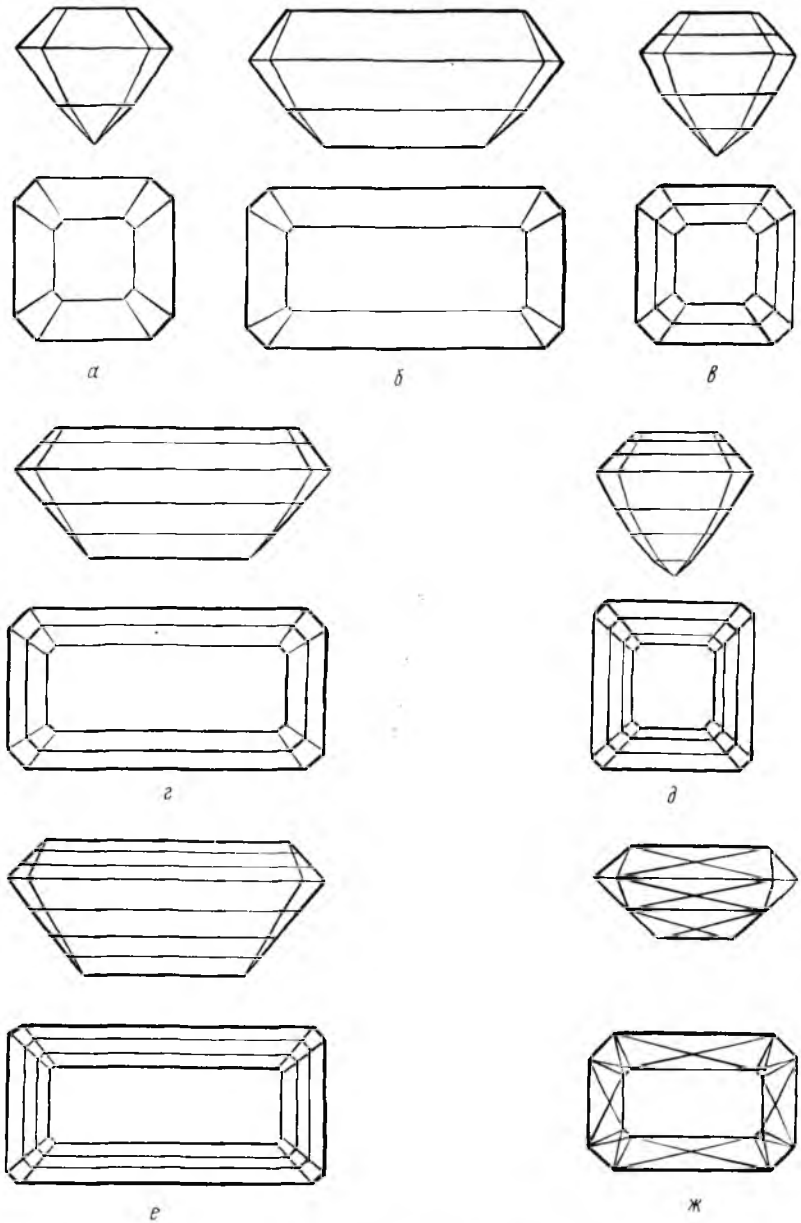



Рис. 6. Камни усеченных форм:

*а, б* — упрощенной изумрудной огранки (25 граней), *в, г* — изумрудной огранки (41 грань), *д, е* — изумрудной огранки (57 граней), *ж* — огранки клиньями

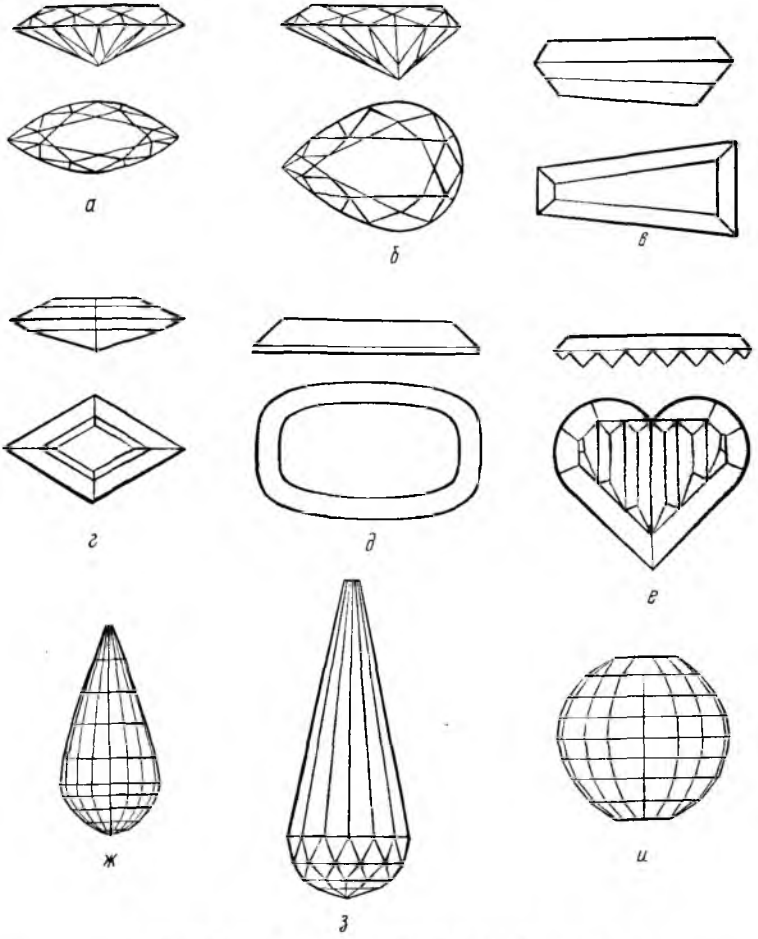



Рис. 7. Камни различных форм и типов огранки:

*а* — «маркиз» полной бриллиантовой огранки (55 граней), *б* — «груша» полной бриллиантовой огранки (56 граней), *в* — «трапецендальный багет» ступенчатой огранки, *г* — «ромб» ступенчатой огранки, *д* — античная форма («антик»), огранка таблицей, *е* — «сердечко» фантазийной огранки «принцесса», *ж* — «бриолет» ступенчатой огранки, *з* — «панделок» бриллиантовой огранки, *и* — «бусина» («буса») ступенчатой огранки

В кабошонах из непрозрачного материала допускается неполированное основание. Огранка имеет немалое значение при оценке качества камня, в большей степени это касается «классических» драгоценных ювелирных камней — бриллианта (ограненного алмаза) и изумруда. Определяя качество этих камней, принято указывать количество граней, так как это значение указано в оценочной таблице (прейскуранте) и оказывает влияние на стоимость.

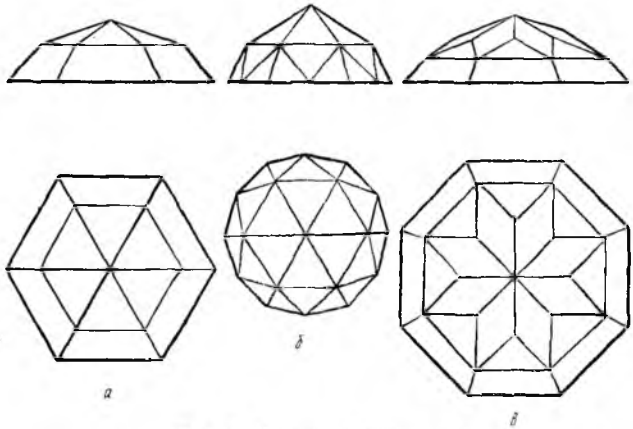



Рис. 8. Камни огранки розой:
*а* — «антверпенская роза», *б* — «голландская роза», *в* — «крестовая роза»

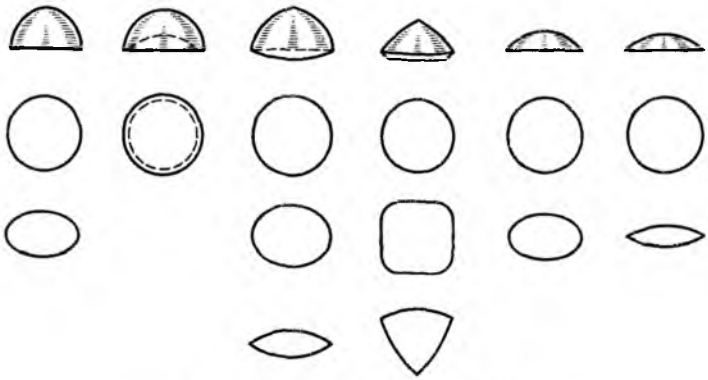


Рис. 9. Кабошоны различных форм

## 2.2. ОПИСАНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

### Алмаз

**Алмаз** (от греч. «адамас» — неодолимый, несокрушимый) название получил за самую высокую твердость. Представляет собой кристаллический углерод. Кристаллы бесцветные или с цветными оттенками различной интенсивности, чаще желтоватых, сероватых, зеленоватых, синеватых, коричневатых тонов. Предпочтение отдается абсолютно бесцветным (белым) или голубоватым алмазам. Очень редко встречаются цветные алмазы и чрезвычайно редко — черные. Ювелирным материалом считаются прозрачные образцы. Показатель преломления 2,418; обладает

сильным алмазным блеском. Плотность 3,51; твердость 10. Несмотря на то что по шкале твердости Мооса алмаз (10) и корунд (9) находятся рядом, алмаз в 150 раз тверже корунда и в 1000 раз тверже кварца. При высокой твердости алмаз достаточно хрупкий — в тонких участках легко скалывается.

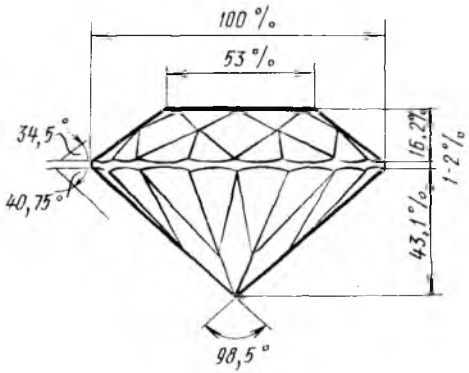


Рис. 10. Геометрия идеальной огранки круглого бриллианта

Алмаз химически стоек, кислоты и их смеси на него не действуют, но может быть окислен в расплавленных калиевой и натриевой селитрах и соде. Выдерживает температуру до 800 °С. Очень чувствителен к изменению температуры в нагретом состоянии. Ограненный алмаз называют *бриллиантом*. Грамотная огранка камня позволяет проявить алмазу его высокие оптические показатели и придает бриллианту бесконечную игру света. Бриллиант считается «классическим» ювелирным камнем и соответственно размеру и качеству самым дорогим. Масса бриллиантов измеряется в каратах*. Бриллианты по массе делят на «меле» — до 0,05 карата; мелкие — от 0,05 до 0,29 карата; средние — от 0,30 до 0,99 карата; крупные — свыше 1,00 карата. Оценка качества определяется по 5 признакам: массе, геометрии камня, цвету, природной дефектности, а также с учетом внешних дефектов (приобретенных).

Идеальной общепризнана полная бриллиантовая огранка бриллианта круглой формы, геометрия которого при оценке принимается за 100 % (рис. 10). Бриллиант не должен иметь нарушений геометрии (смещения площадки, смещения калетты, соотношения размеров, искривления граней и др.) выше пределов, допущенных действующим стандартом. Лучшими по цвету считаются бесцветные или с оттенком голубизны, а также уникальные цветные. Природной дефектностью считаются все включения, трещинки, полоски, пузырьки, микрошвы и другие видимые в 10-кратную лупу. Лучшими считаются бездефектные. Внешними дефектами считаются сколы, царапины, недогранки и другие видимые в 10-кратную лупу.

* Метрический карат равен 0,2 г (200 мг); взвешивание производится на специальных каратных или аналитических весах с точностью до 0,01 карата (третий знак после запятой не учитывается).

## Группа корунда

**Корунд** — кристаллический оксид алюминия, красные разновидности корунда называются рубинами, все остальные — сапфирами.

**Рубин** (от лат. «рубеус» — красный) — цвет красный различных оттенков. Наивысшую ценность имеют рубины ярко-красные с легким пурпурным оттенком («цвета голубиной крови»). Прозрачность его различна, может быть прозрачным, просвечивающим и непрозрачным. Лучшие ювелирные образцы рубина прозрачны и густоокрашены. У просвечивающих и непрозрачных образцов может наблюдаться переливчатость (шелковистость или эффект «кошачьего глаза»), а также явление астеризма (шестилучевой звезды). Такие звездчатые рубины тоже имеют особую ювелирную ценность. Показатель преломления рубина 1,76...1,77, блеск стеклянный; плотность 3,97...4,05; твердость 9. Рубин хрупок и легко скалывается. Химически стоек. Кислоты на него не действуют. Выдерживает нагрев до очень высокой температуры (при условии отсутствия трещин и других дефектов, выходящих наружу). Не боится резких изменений температуры.

Прозрачные образцы рубина идут в огранку, просвечивающие, как правило, обрабатываются кабошоном. Непрозрачные, обладающие эффектами переливчатости и астеризмом, обрабатываются кабошоном. Рубин издавна считается классическим ювелирным камнем и взвешивается в каратах.

**Сапфир** (от греч. «сапферос» — синий) — цвет синий и голубой различных оттенков и интенсивности. Если применяют название «сапфир» без оговорок по цвету, имеют в виду корунд синих тонов. Однако сапфиром называют корунд любого цвета, кроме красного. Кроме синего сапфир может быть бесцветный, желтый, зеленый, фиолетовый, оранжевый, розовый и черный. Каждая из этих разновидностей имеет либо свое название, либо к названию «сапфир» добавляют цветовую характеристику. Например: бесцветный — «лейкосапфир», или «белый сапфир»; желтого цвета — «желтый сапфир»; зеленоватых тонов — «австралийский сапфир», или «зеленый сапфир»; фиолетового цвета — «аметистовый сапфир», «розовый сапфир», и т. д.

Прозрачность сапфиров различная — от прозрачного до непрозрачного. Как и у рубинов, просвечивающие и непрозрачные разновидности могут обнаруживать эффекты переливчатости и астеризма. Лучшие ювелирные сапфиры прозрачные, насыщенного ярко-синего цвета, а также звездчатые.

Показатель преломления 1,765...1,777; блеск стеклянный; плотность 3,99...4,00; твердость 9. Другие свойства сапфира сходны с рубином. Высокую температурную стойкость сапфира используют для облагораживания (усиления окраски и ослабления помутнения) путем нагревания до высокой температуры.

Древнерусское название сапфира — «яхонт»*. Прозрачные и полупрозрачные образцы идут в огранку, остальные шлифуют кабошоном.

## Опал

**Опал** (от санскрит. «упала» — драгоценный камень) — аморфный (некристаллический) водосодержащий оксид кремния с меняющимся от 1 до 10% содержанием воды. Цвет опалов разный, чаще белый различных оттенков. Прозрачность опалов варьируется в широких пределах от прозрачного до непрозрачного.

Показатель преломления 1,43...1,46; блеск различных по цвету разностей — от воскового до стеклянного и смолистого. Плотность 1,99...2,25; твердость 5,5...6,5. Опал очень хрупок, любая работа по закрепке камня или его обработке сопряжена с риском и требует тщательной подготовки. Растворяется в горячем концентрированном щелочном растворе и в плавиковой кислоте, другие кислоты на него не действуют. Опал боится нагрева, допустимо только кратковременное нагревание (для насмолки и снятия в процессе закрепки) не более чем на температуру размягчения фиксирующей пасты.

Ювелирные разновидности опалов обладают красивой игрой света, от резкой яркой иризации до мягкого перелива различных цветов или однотонного отлива. Из ювелирных разновидностей выделяют несколько групп опалов: благородный, черный, огненный и обыкновенный. «Благородный опал», или «белый опал», — это светлые опалы различных тонов, обладающие выраженной иризацией. Прозрачность их различна — от прозрачных до почти непрозрачных, но даже у образцов высокой степени прозрачности присутствует мутноватость (молочность). Благородные опалы в зависимости от степени прозрачности и характера игры могут быть также выделены своими названиями. Огранка благородных опалов обычно кабошоном. «Черный опал», или «австралийский опал», — это темные опалы различных тонов и интенсивности вплоть до черного, обладающие яркой иризацией. Прозрачность их различна — от просвечивающего до непрозрачного (даже в одном образце). Поскольку иризация на темном фоне вообще видна лучше, да и камень «слабый», то тонкие просвечивающие образцы часто обрабатывают с материнской породой или подклеивают основание из темной породы. Обрабатывают черные опалы кабошоном или плоскими таблицами различных форм.

**«Огненный опал»** — название получил за красноватые и оранжевые цвета. Оранжевые образцы с большей степенью желтизны называют «солнечный», или «золотистый», опал. Огненные

* Яхонт — древнерусское название ярких синих и красных прозрачных самоцветов: сапфир — яхонт синь, рубин — яхонт червончат.

опалы мутновато-прозрачные и просвечивающие, иризация или слабая, или отсутствует, обладают красивым световым отливом. Обрабатывают, как правило, кабошоном.

**«Обыкновенный опал»** — от просвечивающего до непрозрачного без иризации. Имеет также свои разности: молочный, восковой, древесный, фарфоровый и т. д. Красивые образцы используются для вставок в ювелирные изделия. Из тонких пластин опала или прозрачных образцов, «игра» которых проявляется на темном фоне, делают дублеты (склейка двух частей), подклеивая снизу минерал черного цвета.

## Шпинель

**Шпинель** (от лат. «спинэлла» — маленький шип) — оксид магния и алюминия. Цвета шпинели разнообразные: красные, оранжевые, розовые, желтые, зеленые, голубые, черные. Наиболее ценны красные. Шпинель прозрачна. Показатель преломления 1,71...1,79; блеск стеклянный; плотность 3,58...3,60; твердость 8; вязкая. Растворяется в концентрированной серной кислоте, к остальным кислотам нечувствительна. Шпинель в зависимости от окраски может иметь свое название: красная — «рубиновая шпинель»; розовая — «рубин-балэ»; зеленая и синяя — «ганошпинель», или «ганит». Шпинель является прекрасным ювелирным материалом и идет в огранку.

## Хризоберилл

**Хризоберилл** (от греч. «хризос» — золотистый берилл) является оксидом бериллия и алюминия. Существуют две ювелирные разновидности хризоберилла — александрит и цимофан.

**Александрит** (в честь русского императора Александра II) — цвет зависит от освещения. При дневном освещении зеленый, при искусственном или вечернем — малиновый. Ювелирные образцы прозрачны до просвечивающих. Показатель преломления 1,74...1,75; блеск стеклянный; плотность 3,70...3,72; твердость 8,5. Очень хрупок. Кислоты на него не действуют, но к действию щелочей неустойчив. Прозрачные образцы идут в огранку.

**Цимофан** — переливчатый хризоберилл с эффектом «кошачьего глаза», от желтовато-зеленоватых до ярко-желтых цветов. Значительно тверже кварцевых «кошачьих глаз» и ценится выше. Обрабатывают кабошоном, чтобы эффектней выделить подвижную светлую полосу.

## Гематит

**Гематит**, или «кровавик» (от греч. «гематос» — кровь), — оксид железа, черного цвета, может быть с сероватым или буроватым оттенком. В порошке и на изломе красный. Непрозрачен. Показатель преломления один из самых высоких — 2,94...3,22;

блеск сильный металлический; плотность 4,95...5,16; твердость 5,5...6,0. Несмотря на высокую вязкость, хрупок, легко скалывается. Растворяется в концентрированной соляной кислоте. В ювелирных целях гематит используется очень широко: кроме кабошонов и всевозможных таблиц для печаток, в отличие от других непрозрачных камней, пускают в фацетную огранку. Гематит считается прекрасным материалом для изготовления гемм*.

## Группа кварца

Кварц наиболее распространенный в природе минерал, представляющий собой оксид кремния. Кварц выражается в двух формах — кристаллической и скрытокристаллической (микрокристаллической), таким образом ювелирные камни группы кварца делятся как бы на две подгруппы. Кристаллические разновидности (собственно кварц) включают основные прозрачные, полупрозрачные и переливчатые ювелирные камни: горный хрусталь, аметист, дымчатый кварц, морион, цитрин, «кошачий глаз» и т. д. Скрытокристаллические разновидности объединяет халцедон и все камни этой подгруппы. Хризопраз, агаты являются его разновидностями.

Общие свойства ювелирных камней группы кварца: показатель преломления 1,54,,,1,55; блеск стеклянный; плотность 2,65; твердость кварца 7 (халцедонов 6,5...7,0). Кристаллические разновидности очень хрупки, скрытокристаллические (халцедоны) вязки. Камни группы кварца стойки к действию кислот кроме плавиковой. Неустойчивы также к действию щелочных растворов. Кварц выдерживает рабочую температуру**, связанную с закрепкой (насмолка и снятие). Нагрев выше 400 °С может вызвать изменение цвета камня, например фиолетовый аметист может стать бесцветным или желтым (в зависимости от условий), а серый «кошачий глаз» приобрести желтые или розовые тона и т. д. Кварц не любит резких изменений температуры — нагрев должен быть постепенным, охлаждение также. Многие разновидности кварца на свету блекнут.

## Кварц

**Горный хрусталь** (от греч. «крусталлос» — кристалл) — бесцветный, прозрачный кварц. Образцы высокой прозрачности идут в огранку. Диапазон применения горного хрусталя широк — от вставок в ювелирные украшения различных типов

* Гемма — общее название резных камней для ювелирных целей. Выпуклое изображение резного камня называют — «камея» (камео); углубленное изображение — «инталия» (интальо).

** Под рабочей температурой в последующем описании камней следует понимать температурный режим насмолки изделия для закрепки, а также температуру плавления оловянного припоя (в случаях страховки оловом при ремонте).

огранки, бус, различных по огранке, до художественных поделок (фигурок, флаконов, ваз и т. д.).

**Аметист** (от греч. «аметистос» — неопьяняющий. Из-за поверья, что аметист предохраняет от пьянства) — фиолетовая разновидность кварца. Цвет аметиста может иметь широкие пределы от бледно-фиолетового, почти бесцветного, до густо-фиолетового, перекрывающего прозрачность. Окраска может быть неравномерной. Лучшие образцы аметиста, прозрачные и густоокрашенные, используют для огранки вставок. Как правило, тип огранки бриллиантовый. Но диапазон применения аметистов значительно шире. Из менее прозрачных образцов изготавливают кабошоны, бусы, геммы, а также всевозможные поделки.

**Дымчатый кварц** — название получил за дымчатую и неравномерную окраску. Торговое название дымчатого кварца — «раухтопаз» до сих пор вводит в заблуждение людей, считающих эту разновидность кварца топазом. Цвет окраски от серого до коричневого, может быть равномерной, камни прозрачны и полупрозрачны. Темные разновидности бурых, коричневатых и черных тонов, перекрывающие окраской прозрачность (просвечивающие), имеют название «морион» (от лат. «моррасус» — угрюмый, хмурый).

Для обработки дымчатых кварцев применяют все типы огранки (камни, как правило, крупные), для просвечивающих — чаще всего кабошон. Существует множество гемм, фигурок, печатей и других поделок из дымчатого кварца и мориона.

**Цитрин** (от лат. «цитрус» — лимон) — желтая разновидность кварца, окраска от лимонно-желтой до буровато-желтой. Прозрачные, хорошо окрашенные камни встречаются редко. Часто используют «жженый цитрин» или «золотистый цитрин» — камни, полученные нагреванием других разновидностей кварца (аметиста или дымчатого кварца). У таких камней присутствует «жженый» красноватый оттенок.

Камни гранят бриллиантовой, ступенчатой и смешанной типами огранки.

**Розовый кварц** — название получил по окраске от бледно- до густо-розовой. Чаще мутноватый, просвечивающий, с большим количеством трещин. Используется для изготовления бус и художественных поделок.

**Авантюрин** (от итал. «авэнтюра» — случайно, по случаю открытия подобного стеклянного сплава) — тонкозернистый кварц (кварцит) с включениями чешуй слюды и других минералов. Авантюрин послужил поводом для введения еще одного понятия — «авантюресценсия» (оптический эффект мерцания искристого блеска). Окраска авантюрина может быть белой, розовой, зеленой, но чаще красновато-желтой, красновато-коричневатой. Может иметь много параллельных названий (синонимов): авантюриновый кварц, солнечный камень, собрание любви, искряк и т. д.

Лучшие образцы авантюрина обрабатывают кабошоном для

вставок, реже таблицей. Идет на изготовление бус, а также художественных поделок.

**«Тигровый глаз»** — переливчатая разновидность кварца, образованная параллельно-волокнистым агрегатом других минералов с кварцем. Название дано по схожести обработанного камня с глазом животного или птицы. «Тигровым глазом» называют образцы золотисто-коричневой окраски.

Синие, серо-синие и синеватые образцы носят название **«соколиный глаз»**.

Серые, серо-зеленоватые — **«кошачий глаз»**.

Лучшими образцами «глаз» считаются те, у которых можно выделить четкую узкую светлую полоску на общем фоне. В кабошонах овальной формы полоса должна быть расположена по центру продольной оси. Камни с явно выделенным «кошачьим» эффектом обрабатывают кабошоном, другие могут быть ограны таблицей. Большое количество камней идет на бусы. Все переливчатые разновидности кварца чувствительны к действию соляной кислоты.

## Халцедон

**Халцедон** (от «Халкедон» — античный город в Малой Азии) — наряду с общим названием для всех скрытокристаллических разновидностей кварца имеет конкретное для однотонных сероватых, желтоватых и голубоватых камней. Прозрачность находится в пределах от мутных, хорошо просвечивающих до еле просвечивающих. Показатель преломления 1,53; блеск восковой; плотность 2,58...2,64; твердость 6,5...7,0; вязкий. Халцедоны имеют пористое строение, это определяет их способность окрашиваться.

В зависимости от цвета и характера окраски халцедоны имеют свое название.

**Сердолик** (от лат. «корнис» — плод кизила). Русское название — радующий сердце. Разновидности халцедона от бледно-оранжевого до буро-красного цвета, окраска может быть расположена равномерно, но чаще переходы тональности. Прозрачность — от хорошо просвечивающего до слабопросвечивающего (может быть в одном образце). Широко применяется в различных ювелирных изделиях. Обрабатывают кабошоном, чаще низким (оставляя толстый рундист или фаску). Широко применяют огранку таблицей различных форм, идет на изготовление гемм, бус, всевозможных художественных поделок.

**Сардер** (от «Сардис» — столицы древнего королевства Лидии) — синоним «сард», красновато-коричневая разновидность халцедона. Прозрачность — от просвечивающих до слабопросвечивающих. Окраска может быть неравномерной, резкой границы между сардером и сердоликом нет. Обрабатывают чаще таблицей; если кабошоном, то низким.

**Хризопраз** (от греч. «хризос» — золотой и «празиос» — порей) — зеленая разновидность халцедона, окраска в пределах

от бледной луково-зеленой до насыщенных ярких яблочно-зеленых тонов. Цвета нежные, «мягкие», могут плавно сочетаться в одном образце. Могут быть образцы с включениями черной или белой облачности или полос вплоть до резких (в виде трещин). Это использование хризопразовой матрицы*. Пределы прозрачности хризопраза велики — от полупрозрачной до непрозрачной. Обрабатывается кабошоном различной высоты, таблицами. Идет на бусы и другие поделки.

**Агат** (от старого названия реки «Ахатес» в Сицилии) — это слоистая, разноцветноокрашенная и узорчатая разновидность халцедона. В зависимости от характера рисунка каждый агат имеет свое название.

Радужный агат обладает красивым переливом различных цветов.

Облачный агат — плавно меняющий окраску нежных тонов.

Моховой агат (моховик) — полупрозрачный или просвечивающий агат с включениями зеленого или черного цвета, напоминающими мох.

Руинный агат — агат с узором, напоминающим старые развалины.

Ландшафтный агат — с рисунком, напоминающим картины природы.

Оникс — слоистый агат, где белые слои чередуются с черными.

Сардоникс — слоистый агат, где белые слои чередуются с красными.

Как цвета, так и прозрачность агата в одном куске может быть различной. Используют очень широко в зависимости от рисунка — от вставок (кабошонов и таблиц), бус до крупных поделок — шкатулок, ваз и др. Оникс и сардоникс используют для изготовления гемм.

**Гелиотроп** (от греч. «гелиос» — солнце и «тропос» — поворот) — синонимы «кровавая яшма» или «кровавый камень», темно-зеленая разновидность халцедона с ярко-красными пятнами. Гелиотроп непрозрачен. Используют для вставок, обрабатывают таблицами, реже кабошоном. Идет также для художественных поделок.

## Группа берилла

**Берилл** (от греч. «бериллос» — применявшегося ко всем зеленым камням) представляет собой силикат бериллия и алюминия. Цвет берилла может быть различным, и каждая цветовая разновидность имеет свое название. Под термином «благородный берилл» имеют в виду ювелирные разновидности, без изумруда и аквамарина, они выделяются особо. Но кроме общего значения берилл имеет и конкретное, т. е. бледноокрашенные образцы

* Хризопразовая матрица — хризопраз с включениями вмещающих пород

зеленоватых, желтоватых тонов называют «берилл», или «берилл обыкновенный». Прозрачность благородного берилла — от прозрачного до просвечивающего; показатель преломления 1,57... 1,60; блеск стеклянный; плотность 2,65...2,75; твердость 7,5. Все разновидности берилла очень хрупки. Берилл устойчив к действию кислот. Хорошо держит рабочую температуру. Прозрачные образцы берилла идут в фацетную огранку, просвечивающие обрабатывают кабошоном.

**Изумруд** (предположительно от лат. «эсмеруд» — зеленый камень) — самая красивая и ценная разновидность берилла. Является классическим ювелирным камнем. Старинное название «смарагд». Цвет изумруда — зеленый с голубоватыми тонами — настолько своеобразен, что послужил поводом для образования нового цветового термина — «изумрудно-зеленый». Интенсивность окраски меняется от бледно- до темно-зеленой. Лучшими ювелирными образцами считаются густоокрашенные прозрачные камни. Изумруд не бывает без дефектов (природных внутренних образований), и дефектность может снизить степень прозрачности камня до почти непрозрачного. Показатель преломления 1,57...1,58; блеск стеклянный; плотность 2,67...2,78; твердость 7,5. Очень хрупкий. Устойчив к действию кислот, кроме плавиковой. Выдерживает нагревание до 700 °С, выше этой температуры начинает терять цвет (возможно, из-за увеличения количества внутренних трещин). Изумруд наравне с бриллиантом имеет свои технические условия на огранку и оценку качества, взвешивается в каратах. Качество определяется с 2-кратной лупой. Прозрачные камни и частично потерявшие прозрачность идут в огранку для вставок. Огранка, как правило, изумрудная (ступенчатая). Образцы, потерявшие прозрачность и просвечивающие за счет сгущений и сети трещин, но сохранившие цвет в пределах от темно-зеленого до светло-зеленого, обрабатывают кабошоном.

**Аквамарин** (от лат. «аква» — вода и «маре» — море) — голубая разновидность берилла, назван по цвету морской воды. Окраска аквамарина нежная бледно-голубая, зеленовато-голубая, распределена равномерно. Прозрачность различная, но ювелирные образцы выбирают только прозрачные. Камни могут быть чистые, без дефектов. Оптические показатели близки к изумруду. Камень очень хрупкий. Устойчив к действию кислот. Цвет аквамарина неустойчив — может выцветать под действием солнечного света. Но в то же время усилить цвет аквамарина или придать зеленоватому бериллу аквамариновый цвет можно путем нагрева до 400 °С в специальной печи. В огранку стараются отбирать камни крупные, чтобы лучше выразить цвет, гранят вставки и подвески бриллиантовым и ступенчатым типом.

**Гошенит** — бесцветная разновидность берилла.

**Гелиодор** — желтые, золотисто-желтые разновидности берилла.

**Морганит**, или **воробьевит**, — розовая разновидность берилла.

Все разновидности благородного берилла чувствительны к нагреванию при температуре выше 250 °С, окраска их может измениться или обесцветиться.

## Топаз

**Топаз** (от «Топазос» — старого названия острова в Красном море) — фторсодержащий силикат алюминия (класс «силикаты»), цвет топаза разнообразный: бесцветный, винно-желтый, розовый, голубой. Окраска, как правило, нежная (неяркая). Наиболее часто встречающаяся разновидность — винно-желтая. Однако окраска топаза может быть полихромной (т. е. многоцветной) — в одном образце зоны нескольких цветов. Окраска топаза неустойчива, может выцветать под действием прямых солнечных лучей. Топаз прозрачен. Показатель преломления 1,61...1,63; блеск стеклянный; плотность 3,53...3,56; твердость 8. Может легко скалываться по спайности*. Чувствителен к воздействию серной кислоты. Топаз хорошо держит рабочую температуру, однако нагревание до температуры выше 400 °С может вызвать изменение цвета. Рекомендуемая огранка топазов в зависимости от размеров бриллиантовая или ступенчатая.

## Группа турмалина

**Турмалин** (от сингальского «турмали» — притягивающий пепел) — общее название группы минералов, являющихся сложными боросиликатами различных сложных элементов. Цвет турмалина самый разнообразный: бесцветный, желтый, розовый, фиолетовый, зеленый, синий, полихромный. Окраска турмалина более «ядовита», чем у похожих на него минералов. Разновидности турмалина, отличные по окраске, имеют свои названия, основные из них:

**ахроит** — бесцветный;
**рубеллий** — розовый и красноватый;
**хромтурмалин** (или варделит) — зеленый;
**индиголит** — голубой и синий;
**шерл** — черный.

Степень прозрачности турмалинов различна — от прозрачного до непрозрачного. Ювелирные разновидности в основном прозрачны. Показатель преломления 1,61...1,65; блеск стеклянный; плотность 3,02...3,26; твердость 7...7,5. Хрупкий. К действию кислот устойчив. Турмалин хорошо держит рабочую температуру, но при нагревании до более высоких температур (более 400 °С) происходит изменение окраски. Образцы прозрачные и хорошего качества гранят бриллиантовой и ступенчатой огранкой, просвечивающие и с интересными оптическими эффектами (шелковистостью и др.) — кабошоном.

---

* Спайность — способность расщепляться в определенном направлении.

## Группа граната

**Гранат** (от лат. «гранатус» — зернистый) — название группы разновидностей силикатов, близких по составу. Ювелирный интерес представляют: пироп, альмандин, спесартин, гроссуляр, андрадит, уваровит.

**Пироп** (от греч. «пирос» — огонь) — древнее название «карбункул» (от лат. «карбо» — уголек) по аналогии с тлеющим угольком. Пироп представляет собой силикат магния и алюминия. Цвет пиропа темно-красный, кроваво-красный с легким коричневатым оттенком. Чаще всего именно эту разновидность называют «гранатом», а остальные своими именами. Розовая разность пиропа получила название «родолит». Прозрачность пиропа в пределах от прозрачного до просвечивающего. Показатель преломления 1,73...1,76; блеск стеклянный до жирного; плотность 3,65...3,80; твердость 7...7,5. Хрупкий. Устойчив к действию кислот. Все разновидности граната хорошо держат рабочую температуру, однако длительное нагревание камня и нагревание до температуры свыше 500 °С может вызвать увеличение количества внутренних трещин и тем самым снижение степени прозрачности. А при температуре свыше 1000 °С все гранаты (кроме уваровита) плавятся. Большая часть пиропов огранена розой или кабошоном; видимо, обусловлено это небольшими размерами кристаллов и степенью прозрачности камней.

**Альмандин** (по месту находки «Алабанде» в Малой Азии) — силикат железа и алюминия. Самая распространенная разновидность граната пурпурно-красного цвета. Красный цвет альмандина может иметь лиловые оттенки вплоть до фиолетового. Альмандины чаще светлее пиропов, прозрачность в пределах от прозрачного до просвечивающего. Показатель преломления 1,78...1,81; блеск стеклянный до жирного; плотность 3,95...4,20; твердость 7,5. Хрупкий. Огранка альмандинов в зависимости от размеров и прозрачности различна — от бриллиантовой до кабошонов. Чтобы лучше проявить цвет, крупные камни гранят «низкими». Широко применяется для изготовления бус как упорядоченных форм, так и галтованных*.

**Спесартин** (по месту находки «Шпессарт» в Баварии) — силикат марганца и алюминия. Редкая разновидность граната оранжевого или светло-коричневато-красного цвета. Прозрачность — от прозрачного до просвечивающего. Показатель преломления 1,79...1,81; блеск стеклянный до жирного; плотность 4,12...4,20; твердость 7...7,5. Хрупок.

**Гроссуляр** (от лат. «грассула» — крыжовник) — силикат кальция и алюминия. Назван по аналогии с окраской плодов крыжовника. Цвет гроссуляра — зеленый, зеленовато-желтый,

---

* Галтовка — способ массовой шлифовки во вращающемся барабане (окатывание) в среде абразивных материалов и моющих средств. Галтованные камни сохраняют форму помещенных обломков с окатанными углами.

буроватый. Прозрачность — от прозрачного до просвечивающего. Показатель преломления 1,74; блеск стеклянный до жирного; плотность 3,60...3,61; твердость 7...7,5. Хрупкий. Можно встретить другие названия иначе окрашенных гроссуляров: бесцветный — лейкогранат; коричневато-оранжевый — гессонит; зеленый (плотный, непрозрачный) — гидрогроссуляр.

**Андрадит** — силикат кальция и железа. Зеленоватая и желтая разновидности граната, обобщающая две ювелирные разности — топазолит и демантоиз.

**Топазолит** (по цветовой схожести с топазом) — желтая, лимонно-желтая, зеленовато-желтая разновидность граната (андрадита). Ювелирные образцы прозрачны. Показатель преломления 1,84...1,89; блеск алмазный; плотность 3,75...3,85; твердость 6,5...7. Хрупкий.

**Демантоид** (по блеску и игре «диаманта» — алмаза) — зеленая, золотисто-зеленая разновидность граната (андродита). Ювелирные образцы прозрачны. Показатель преломления 1,88...1,89; блеск алмазный; плотность 3,83...3,85; твердость 6,5...7. Хрупкий. Демантоид — одна из наиболее ценных ювелирных разновидностей граната. Кристаллы, как правило, мелкие, поэтому, используя сильный (алмазный) блеск, гранят бриллиантовой огранкой.

**Уваровит** (в честь президента Российской Академии графа Уварова) — силикат кальция и хрома. Ярко-зеленая, изумрудно-зеленая разновидность граната. Просвечивающий. Показатель преломления 1,87; блеск сильный до алмазного; плотность 3,77; твердость 7. Хрупкий. Встречается, как правило, в виде корочек мелких кристаллов — щеток. Красивый и яркий цвет уваровита привлек для ювелирного использования в виде щеток на природной основе. Различные по форме щетки используются как вставки в украшения.

## Оливин

**Оливин** (по цвету плодов оливкового дерева) — силикат магния и железа. Оливин объединяет ряд минералов близкого состава. Прозрачные разновидности оливинов считаются ювелирными и имеют три названия (синонимы) — это оливин, хризолит и перидот. Наиболее распространенное название в нашей стране — хризолит, зарубежное — перидот.

**Хризолит** (от греч. «хризос» — золотой и «литос» — камень) — прозрачная разновидность оливина. Цвет зеленый, желто-зеленый и коричневато-зеленый. Окраска может быть неоднородной, содержит много включений, прозрачный. Показатель преломления 1,65...1,69; блеск стеклянный; плотность 3,27...3,37; твердость 6,5. Хрупкий. Хризолит легко растворяется в горячей соляной кислоте (даже разбавленной). Термостоек, выдерживает высокую температуру нагрева, сохраняя цвет. Используется для вставок в украшения в основном бриллиантовой огранки.

## Жадеит

**Жадеит** — название от «жад», которым именовали камни, якобы излечивающие от болезни почек. Это в равной мере относится к жадеиту и нефриту. Жадеит представляет собой силикат натрия и алюминия с примесями других элементов. Цвета его разнообразны — от белого, желтоватого, коричневатого до ярко-зеленого и темно-зеленого. Но обычно зеленый или зеленовато-серый. Разнообразная окраска жадеита может сочетаться в одном камне. Лучшие образцы жадеита («императ») — просвечивающие с яркой изумрудной окраской, но чаще жадеит непрозрачен. Показатель преломления 1,65...1,66; блеск стеклянный до жирного; плотность 3,30...3,36; твердость 6,5...7. Вязкий. Кислотостойкий. Хорошо держит рабочую температуру. Лучшие образцы обрабатывают кабошоном или таблицами для вставок. Благодаря своей вязкости широко применяется для художественных поделок.

## Нефрит

**Нефрит** (от греч. «нефрос» — почка) — силикат кальция, магния и железа. Цвет нефрита схож с жадеитом, но чаще встречаются зеленые образцы с черными пятнистыми включениями. Слегка просвечивающий до непрозрачного. Показатель преломления 1,60...1,62; блеск стеклянный до жирного; плотность 2,90...3,00; твердость 6...6,5. Нефрит еще более вязок, чем жадеит. Выдерживает действие кислот и рабочую температуру. Используют для вставок (кабошонов и таблиц) и художественных поделок.

## Лазурит

**Лазурит** (от араб. «азул» — небо), синоним — ляпис-лазурь. Сложный силикат алюминия и натрия, содержащий серу. Цвет от светло-синего до темно-синего с фиолетовым оттенком. Окраска яркая, чаще с включениями белого, серого, черного цвета.

Наиболее интересны ровноокрашенные или с включениями серебристых или золотистых «искр». Непрозрачен. Показатель преломления 1,50; блеск стеклянный; плотность 2,38...2,42; твердость 5...6. Хрупкий. Неустойчив к действию концентрированной соляной и плавиковой кислот. Хорошо держит рабочую температуру, но при нагревании выше 400 °С чернеет и становится более хрупким. Лазурит используется как для вставок в виде кабошонов и таблиц, так и для поделок.

## Малахит

**Малахит** (от греч. «малахе» — мальва) является карбонатом меди. Цвет от светло-зеленого до темно-зеленого различных от-

тенков. Окраска неравномерная — слоистая, в разрезе создает разнообразные причудливые формы. Обработанный малахит может выглядеть полосатым, ленточным, узорчатым, шелковистым и т. д. Малахит непрозрачен. Показатель преломления 1,65...1,90; блеск жирный; плотность 3,75...3,95; твердость 3,5...4. Очень хрупкий. В химическом отношении неустойчив; может разрушаться в горячей воде, кислоты его растворяют. Температуру держит только в пределах насмолки. Ценится малахит за красоту узоров и цвета, используется очень широко от вставок (кабошонов, таблиц), бус, подвесок до самых разнообразных поделок.

### Бирюза

**Бирюза** (от перс. «фируза» — победитель). Бирюза является водным фосфатом меди и алюминия. Цвета бирюзы разнообразны в пределах голубоватых и зеленоватых тонов: небесно-голубой, голубовато-зеленый, серовато-зеленый, желтовато-зеленый. Наиболее ценна голубая бирюза без видимых включений. Но часто обработка бирюзы идет с материнской породой, поэтому готовые камни могут иметь разнообразные включения. По характеру включений бирюзу делят на сортовые виды: прожилковая, вкрапленая, узорчатая, сетчатая (паутинная). Бирюза непрозрачна, лучшие ювелирные образцы в тонких слоях просвечивают. Показатель преломления 1,61...1,65; блеск восковой; плотность 2,60...2,80; твердость 5...6. Хрупкая. Бирюза растворяется в кислотах. «Не любит» растворителей, жиров, масел, косметики, мыла. Под влиянием этих средств может стать пятнистой, зеленеть. Нагревать выше 200 °С не рекомендуется. Различная плотность бирюзы обусловливает повышенную пористость в менее плотных (выветрелых) образцах. Поэтому и свойства бирюзы зависят от качества. Высокопористая бирюза матовая, почти не полируется и используется почти всегда с пропиткой.

Бирюзу широко используют в украшениях, для вставок обрабатывают кабошоном. Используют также в бусах упорядоченных и галтованных форм.

## ОРГАНИЧЕСКИЕ ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ

Органическими называют материалы, образование которых связано с жизнедеятельностью живых организмов. К органическим камням, имеющим ювелирное значение, относят: жемчуг, янтарь, коралл, гагат.

**Жемчуг** (от араб. «зеньчуг») представляет собой твердые образования карбоната кальция. Синоним жемчуга — «перл». В составе жемчуга 86...90 % карбоната кальция, 6...12 % органического вещества, остальное — вода. «Рождается» жемчуг в моллюсках, способных образовывать защитные перламутровые отложения. Образование жемчуга — это защитная реакция организ-

ма моллюска на попадание внутрь инородного тела (песчинки, обломки раковины, сгустки ткани и др.), которое является центром образования. Центром образования жемчуга могут стать капелька жидкости, пузырек газа, а также попадание внутрь моллюска какого-нибудь паразита. Форма образования жемчужины зависит не только от «здоровья» моллюска, но и от места расположения зародыша в нем. Если зародыш попал в середину (в мягкие ткани), жемчужина правильной формы; если в мышечные ткани или поверхности раковины, то форма жемчуга будет искажена.

Жемчуг может иметь самую разнообразную форму, и трудно создать разнообразную форму и прейскурант, который предусмотрел бы все природные неожиданности. Издавна форма жемчуга подразделялась на круглый, продолговатый (овальный, яйцевидный), каплевидный (грушевидный), полусферический (пуговичный) и явно неправильных форм — барокко. Жемчуг круглый и округлых форм (круглые, овальные, грушевидные и т. д.) называли «скатным», т. е. способным скатываться по слегка наклонной плоскости. Жемчуг плоский и с обозначенными плоскостями (местами прирастания к раковине) называли блистер-жемчуг; с полостью на месте прирастания — пузырчатый. Жемчужины-уродцы, напоминающие форму животных, птиц, туловище, голову и т. д., называли парагонами.

Настоящий прейскурант предусматривает 3 категории форм жемчуга. Жемчуг правильной круглой и овальной форм относят к высшей категории. Грушевидные, а также круглые с незначительным искажением — к первой. Все остальные неправильные формы считаются второй группы. Размеры природного жемчуга — от пылевидных в десятые доли миллиметра до чрезвычайно редкостного (музейного) с голубиное яйцо. Жемчуг размером до 1 мм называют жемчужной пылью, до 2,5 мм — мелкий, от 2,5 до 6 мм — средний, свыше 6 мм — крупный. Крупный жемчуг правильных форм большая редкость. Цвет жемчуга бывает: белый, розовый, голубой, синеватый, золотистый, желтый, серый, коричневый, черный. Часто окраска неравномерная, пятнистая. Жемчуг высшей категории — равномерный по окраске: белый, розовый или черный. Высококачественный жемчуг должен иметь равномерный ярковыраженный перламутровый, бархатистый или металлический блеск. Показатель преломления 1,52...1,66; плотность 2,60...2,78; твердость 3...4. Жемчуг хрупкий, в процессе закрепки или посадки на штифт легко скалывается. Химически очень нестойкий, растворяется даже в слабых кислотах. Рабочую температуру держит. Жемчуг «не капризен», не боится воды (даже кипящей), нормального изменения температуры, попадания жиров, мыла, косметики. Однако длительно не должен храниться в постоянных средах — при повышенной температуре, большой влажности, жирной среде и т. д. Находясь длительно в постоянной среде, «умирает» — обезвоживается, пропитывается жирами, в результате чего теряет блеск.

Для украшений жемчуг используют как сверленый, так и несверленый. Для закрепки на штифт жемчуг сверлят до центра, для бус — насквозь. Отверстия просверленного жемчуга не должны превышать 1,0 мм. Масса природного жемчуга определяется в гранах*; в нашей стране — в каратах, а культивированного — в граммах.

## Янтарь

**Янтарь** (от лит. «гинтарас») — окаменелая ископаемая смола хвойных деревьев. Цвет янтаря от молочно-белого, светло-желтого до коричневого с красноватыми оттенками. Чаще всего окраска золотисто-желтая неравномерная. Прозрачность может быть в пределах от прозрачного до непрозрачного, часто в одном образце. Янтарь содержит много включений — пузырьки, «дымку», «облачность», остатки растений, насекомых, реже самих насекомых и т. д. Ценятся прозрачные образцы с включением какого-нибудь насекомого. Показатель преломления 1,54; блеск смолистый; плотность 1,00...1,22; твердость 2...2,5. Очень хрупкий. Янтарь не реагирует на холодные кислоты, однако на все подогретые активные среды реагирует быстро. С течением времени поверхность окисляется (становится мутной) на воздухе, особенно на солнце. Реагирует на спирты и растворители. В кипящей воде размягчается, на воздухе горит, легко воспламеняясь от спички. При нагревании на воздухе янтарь мутнеет, а при достижении температур 120...175° размягчается, при дальнейшем нагревании — плавится. Используя такие термосвойства янтаря, мутный просветляют (кипячением в маслах), а для придания игристости прокаливают на песке до появления внутренних чешуйчатых трещин.

Янтарь широко используется в ювелирной промышленности для изготовления вставок (кабошоны), бус, различных поделок.

## Коралл

**Коралл** — древовидные образования теплых морей, состоящие из скелетов морских полипов; является карбонатом кальция. Ювелирное значение имеют только плотные кораллы, способные обрабатываться и полироваться. Цвет таких кораллов различен: молочно-белый, телесно-розовый, бледно-розовый, ярко-розовый, оранжево-розовый, красный, темно-красный, черный. Кораллы розовой и красной гаммы называют благородными. Окраска обработанных кораллов чаще равномерная, но может быть с переходом цветовой гаммы. Отличительная особенность природных кораллов — полосчатость, т. е. цвет выражен чередованием темных и светлых полос. Коралл непрозрачен. Показатель преломления 1,48...1,65; блеск восковой; плотность 2,6...2,7; твер-

* Гран — 0,25 карата.

дость 3...4. Вязкий. Растворяется в кислотах, реагирует на кислотные испарения. Чувствителен к высокой температуре и вообще к горячим средам. При нагревании теряет блеск, при длительном нагревании теряет цвет и крошится. С течением времени под влиянием повышенных температур «стареет» — становится серым (поверхностный слой покрывается сетью мелких трещин). Коралл для изделия обрабатывают различными формами вставок типа кабошонов, уплощенных бусин с отверстием для штифтовой посадки и без него. Широко применяется для бус как упорядоченных форм, так и «ломаный» в виде веточек древовидных образований. Используется также в камнерезном производстве для изготовления гемм и всевозможных художественных поделок.

## 2.3. ИМИТАЦИЯ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

Имитировать ювелирные камни, т. е. получать камни, сходные с природными образованиями, стали давно, как только научились дорожить ювелирными изделиями. Изделия, камни в которых значительно превышали стоимость оправы и работы, носили очень редко — только в торжественных случаях. Для постоянного ношения изготавливали дубликаты из такого же металла, но вставки использовали из стекла, по цвету и огранке точно соответствовавшие природным. Более точной имитацией являлись дублеты и триплеты — склейки соответственно из двух и трех составных материалов. Дублеты в достаточном количестве «дожили» до наших дней и вводят в заблуждение даже специалистов. Естественность имитации состоит в том, что верхняя часть камня природная, для имитации рубина — рубиновая, для сапфира — сапфировая, изумруда — изумрудная, а нижняя часть камня подклеивалась из более дешевого материала — кварца или стекла. Ограненный дублет, если склейка находится на уровне рундиста в оправе, очень трудно распознать.

В настоящее время широко распространены три вида имитации: культивирование жемчуга; синтез самоцветов; стеклянная и пластмассовая имитация.

**Культивированный жемчуг.** Культивированный жемчуг, подобно природному, выращивается в теле моллюска в естественных условиях. Существует культивирование двух типов — ядерного жемчуга и безъядерного жемчуга. Для получения ядерного зародышем служит перламутровый шарик. Его заключают в кусочек оболочки мантии трехлетнего моллюска, вырабатывающего перламутр, и вживляют в ткань мантии другой устрицы того же вида, затем помещают в морской водоем. Процесс образования жемчужной оболочки длится 3...4 года, при этом толщина слоя может нарасти до 0,8...1,2 мм. Безъядерный метод отличается тем, что в мантию крупного пресноводного моллюска (определенного вида) заключают кусочки эпителия (оболочка мантии) без твердого ядра и помещают в пресноводный

водоем. Этот моллюск позволяет поместить более 20 затравок. Через 1...2 года жемчужины достигают размера 6...8 мм, но, как правило, неправильной формы. Этот жемчуг получил название «бива-жемчуг» по месту производства на озере Бива (Япония).

Культивированный жемчуг внешне не отличается от природного и обладает таким же разнообразием цвета и блеска. В общем объеме эксплуатации жемчуга культивированный занимает 90 %.

**Синтетические камни.** Под синтетическими камнями следует понимать искусственно полученные кристаллические и аморфные химические соединения, которые сходны по своему составу и структуре с природными либо имеют внешнее сходство, обусловленное физическими свойствами. Путем синтеза получены корунды, шпинели, изумруды, кварц, а также самостоятельные химические соединения. Синтетические камни имеют большое разнообразие цветов. Торговое название камни получают по имеющимся природным аналогам — рубины, сапфиры, турмалины, александриты, аквамарины и др.

В настоящее время синтезируют аналоги почти всех самоцветов, как прозрачных, так и различной прозрачности, — опал, бирюза, малахит и т. д. Но самые распространенные из поступающих в торговлю камней — корунды, изумруды, гранатит, фианит.

Для получения синтетических корундов пользуются оксидом алюминия, а для получения шпинели — смесью оксидов алюминия и магния, т. е. их природными химическими составляющими. В зависимости от заданного цвета добавляют красители: для рубина — оксид хрома; голубого сапфира — оксиды железа и титана; василькового сапфира — оксиды железа, титана, хрома; александрит — оксид ванадия и т. д.

Подготовленная шихта (порошок) ссыпается через высокотемпературное (свыше 2000 °С) пламя на тугоплавкий стержень. Стержень опускается с заданной скоростью, увеличивая образовавшуюся булю (стержень) синтетического самоцвета. Синтетические корунды и шпинели обладают прекрасными физическими и химическими свойствами: имеют высокую прозрачность, твердость и прочность; выдерживают высокую температуру нагрева до 1000...1100 °С; стойкость к воздействию обычных кислот и большинства щелочей. Плотность их 3,98...3,99; твердость 9; показатель преломления 1,76...1,78.

**Синтетический изумруд** получают как флюсовым, так и гидротермальным методами. Наращивание кристаллов в обоих случаях происходит на затравку природного берилла. Свойства синтетического изумруда также близки природному.

**Гранатит** (иттрий-алюминиевый гранат) представляет собой иттриево-алюминиевый оксид, имеющий структуру граната. Гранатит образуется в специальных аппаратах при высоких температурах и глубоком вакууме методом вытягивания кристал-

ла из расплава. В чистом виде гранатит бесцветен. Плотность 4,54; твердость 8; показатель преломления 1,83. Гранатит окрашивается в различные цвета. Прозрачный используется как имитация алмаза. Обладает высокой термо- и химической стойкостью.

**Фианит** (от аббревиатуры ФИАН — Физический институт Академии наук СССР, где был разработан способ его получения). Фианит представляет собой модификацию оксида циркония и гафния, обладает хорошей термо- и химической стойкостью, а также высокими оптическими показателями. Плотность 5,65...6,0; твердость 8,5; показатель преломления 2,15...2,25. Фианиту придают различные цвета изменением химического состава. Ограненные камни пользуются большим успехом. Бесцветный ограненный фианит является наиболее удачной имитацией бриллианта. Подобные материалы выпускают зарубежные фирмы под различными названиями.

? 1. Каков принцип минералогической классификации ювелирных камней? 2. Какие минералы (разновидности камней) изменяют цвет при нагревании? 3. Что общего между кварцем и халцедоном? 4. Какие ювелирные камни неустойчивы к действию кислот? 5. Какие ювелирные камни неустойчивы к действию повышенных температур? 6. Какие ювелирные камни органического происхождения? 7. Какие есть ювелирные разновидности берилла? 8. Каково основное отличительное свойство алмаза?

# ГЛАВА 3

# ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для изготовления ювелирных изделий кроме основных материалов — металлов, их сплавов и камней необходимы и вспомогательные материалы, без которых невозможны основные производственные операции. К ним относятся различные химикаты, огнеупорные материалы, монтировочные и фиксирующие массы.

## 3.1. КИСЛОТЫ

**Азотная кислота** ($HNO_3$) — бесцветная жидкость, слегка дымящаяся на воздухе. Плотность 1,5; температура кипения 83,8 °С. При температуре —42 °С застывает в прозрачную кристаллическую массу. Смешивается с водой в любом соотношении. Под влиянием света разлагается на воду, кислород и диоксид азота. Азотная кислота принадлежит к числу наиболее сильных кислот. Действует почти на все металлы (за исключением золота, платины и некоторых редких металлов), превращая их в азотнокислые соли.

Применяется для приготовления пробирных реактивов, для травления примесей драгоценных металлов (кроме серебра).

**Серная кислота** ($H_2SO_4$) — бесцветная маслянистая жидкость. Плотность 1,84; температура кипения 338 °С. При температуре 10,4 °С образует твердую кристаллическую массу. Растворяясь в воде, выделяет большое количество теплоты. Во избежание ожогов при смешивании кислоты с водой следует лить кислоту в воду, а не наоборот. Концентрированная серная кислота при нагревании растворяет почти все металлы, кроме платины, золота и некоторых металлов платиновой группы.

Применяется при извлечении золота из руд, для приготовления отбеливающих растворов.

**Соляная кислота** (HCl) — растворенный в воде хлористый водород — бесцветная жидкость с резким запахом. На воздухе слегка дымится. Плотность обычной концентрированной кислоты 1,19; она содержит 37 % HCl. Кислота, служащая для технических целей, обычно окрашена в желтый цвет и содержит 27,5 % HCl. Соляная кислота хорошо растворяется в воде, легко вступает в реакции со многими металлами, образуя соли и выделяя водород.

Применяется для приготовления отбелов и пробирных реактивов.

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

Применяется при приготовлении пробирных реактивов.

**Ортофосфорная кислота** ($H_3PO_4$) — бесцветные кристаллы. Плотность 1,8; температура плавления 42,35 °С. Очень хорошо растворяется в воде. Считается неядовитой. При нагревании до 215 °С переходит в пирофосфорную ($H_4P_2O_7$) кислоту.

Применяется ортофосфорная кислота для приготовления электролитов при родировании ювелирных изделий.

**Борная кислота** ($H_3BO_3$) — белое кристаллическое вещество, принадлежит к числу очень слабых кислот. Плотность 1,4...1,5. Легко растворяется в горячей воде, но при остывании выкристаллизовывается, так как в холодной воде малорастворима. При нагревании борная кислота теряет воду, переходя в метаборную кислоту ($HBO_2$), затем тетраборную ($H_2B_4O_7$) и, наконец, в борный ангидрид ($B_2O_3$).

Применяется в качестве флюса при плавке и пайке драгоценных металлов, а также в качестве составляющего компонента флюсов.

## 3.2. СОЛИ

**Бура** ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) — натриевая соль тетраборной кислоты. Образует большие бесцветные прозрачные кристаллы. В порошке похожа на борную кислоту, но более шелковиста на ощупь. Чтобы отличить буру от борной кислоты, достаточно немного того и другого вещества насыпать в сосуд с водой —

борная частично остается на поверхности воды в виде пыльцы, а бура тонет. Плотность буры 1,7...1,8. При нагревании до 450 °С бура теряет кристаллизационную воду, затем при температуре 741 °С плавится, образуя прозрачную стекловидную массу. Расплавленная бура обладает свойством растворять оксиды металлов. Это свойство используют при плавке и пайке металлов.

Бура применяется в качестве флюса при плавке и пайке драгоценных металлов, а также в качестве составляющего компонента флюсов. Является составной частью эмалей, используется при приготовлении черни.

**Хлористый натрий,** или **поваренная соль** ($NaCl$), — служит сырьем для производства хлора, соляной кислоты, едкого натра, соды. Плотность 2,16; температура плавления 800 °С. Хорошо растворим в воде.

Хлористый натрий является компонентом растворов для химического травления и пассивирования (процесс образования прозрачной защитной пленки) ювелирных изделий.

**Силикат натрия** ($NaSiO_3$) — жидкое стекло, получаемое при сплавлении диоксида кремния ($SiO_2$) с едким натром ($NaOH$). Сплав растворим в воде, за что получил название растворимого стекла. Плавится при температуре 1088 °С.

Жидкое стекло входит в состав электролитов для золочения, родирования, серебрения и является связующим веществом при изготовлении шамотных и магнезитовых тиглей для плавки платины.

**Карбонат натрия** (углекислый натрий), или **сода** ($Na_2CO_3$),— соль угольной кислоты. Хорошо растворим в воде. Полученная аммиачным способом сода не содержит кристаллизационной воды и называется кальцинированной содой. Плотность 2,5; температура плавления 851 °С.

При гальванических процессах в ювелирной промышленности кальцинированная сода применяется для приготовления обезжиривающих растворов, а также входит в состав моющих средств.

**Едкий натр,** или **каустическая сода** ($NaON$), — гидроксид натрия, представляет собой твердое белое вещество. очень гигроскопичен. Плотность 2,1; температура плавления 318 °С. Разъедающе действует на ткани, кожу, бумагу и другие органические вещества. Хорошо растворяется в воде.

Едкий натр используется для приготовления электролитов при золочении и обезжиривании ювелирных изделий при родировании и серебрении.

**Селитры — натриевая** ($NaNO_3$) и **калиевая** ($KNO_3$) — соли азотной кислоты. Образуют бесцветные кристаллы. Плотность $NaNO_3$ — 2,25; температура плавления 308 °С. Плотность $KNO_3$ — 2,1; температура плавления 334 °С. Обе селитры хорошо растворяются в воде. При нагревании до температуры плавления золота, серебра и их сплавов селитры разлагаются

и образующийся кислород взаимодействует с элементами шихты, переводя их в оксиды.

Селитры применяются как составная часть флюса для очистительных сплавов.

**Цианистый калий** (KCN) — соль синильной кислоты (HCN). Образует бесцветные кристаллы. Как и сама синильная кислота, цианистый калий очень ядовит. Легко растворяется в воде. Плотность 1,25; температура плавления 634,5 °С.

Широко используется в ювелирной промышленности при гальванических процессах: для приготовления электролитов золочения, серебрения и химического обезжиривания.

**Железистосинеродистый калий** $K_4[Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O]$ — ферроцианид калия. Кристаллизуется в виде больших светло-желтых призм, растворимых в воде. Плотность 1,84. При нагревании разлагается.

Применяется для составления электролитов при серебрении.

**Двухромовокислый калий,** или **хромпик** ($K_2Cr_2O_7$), — соль двухромовой кислоты ($H_2Cr_2O_7$). Образует кристаллы ярко-оранжевого цвета. Плотность 2,7; температура плавления 398 °С. Растворяется в воде, лучше в теплой.

Применяется для приготовления пробирных реактивов, а также входит в состав электролитов химического травления и пассивирования ювелирных изделий из серебра и медных сплавов.

**Йодистый калий** (KJ) — соль йодистого водорода (HJ). Образуется в виде мелких кристалликов темно-бурого цвета. Плотность 3,13; температура плавления 723 °С. Растворим в воде и кислотах.

Применяется при приготовлении пробирных реактивов для опробования платиновых сплавов.

**Поташ,** или **карбонат калия** ($K_2CO_3$), — соль угольной кислоты. Белое порошкообразное вещество, легкорастворимое в воде и расплавляющееся во влажном воздухе. Плотность 2,29; температура плавления 891 °С.

Применяется как один из компонентов «серной печени» — для оксидирования серебра, как флюс и составная часть флюса при плавке драгоценных металлов; входит в состав электролита для блестящего золочения.

**Хлористое серебро** (AgCl) — белый творожистый осадок, не растворимый в воде. Растворяется в цианистом калии (KCN) и гидроксиде аммония ($NH_4OH$). Плотность 5,56; температура плавления 445 °С.

Широко используется для составления электролитов при серебрении.

**Азотнокислое серебро,** или **ляпис** ($AgNO_3$), — нитрат серебра. Является солью азотной кислоты. Образует бесцветные прозрачные кристаллы. Плотность 4,35; температура плавления 212 °С. Разлагается при температуре 444 °С. Кристаллы легкорастворимы в воде и глицерине, почти не растворимы в спирте.

Применяется при составлении электролитов для серебрения и приготовлении пробирных реактивов для опробования серебра.

**Хлорное золото** ($AuCl$) — соль золотохлористоводородной кислоты. Образует кристаллы красновато-коричневого цвета. Плотность 3,9; температура разложения 254 °С. Легкорастворимо в воде, спирте, эфире.

Применяется для приготовления пробирного реактива «хлорное золото» и электролитов для золочения.

## 3.3. ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Огнеупоры являются необходимым вспомогательным материалом ювелирного производства при процессах, связанных с нагреванием.

**Асбест** — волокнистый материал, в составе которого (в %): $MgO$ — 41,8...42,6; $FeO_3$ — 0,15; $H_2O$ — 14,3...15,3; $SiO_2$ — 42,5...43,5; $Al_2O_3$ — 0,5. Огнеупорность не менее 700 °С; плотность 2,5. Прочность и эластичность асбеста зависят от содержания влаги. Неустойчив против расплавленных металлов, при нагревании прочность асбеста значительно снижается. Температурный интервал асбеста 600...800 °С, при более сильном нагревании полностью теряет воду и легко перетирается в порошок. При температуре 1500 °С плавится.

Применяется как теплоизоляционная засыпка в нагревательных приборах, для изготовления асбестовых смесей (асбоглина) и асбестовых материалов (асбокартон).

Из волокна асбеста, пропитанного раствором содовых силикатов, делают асбестовый картон. Толщина листов (в мм): 3; 3,5; 4;, 5;, 6; 8; 10; огнеупорность — аналогичная асбесту; плотность 2,1...2,8.

Широко применяется ювелирами в качестве изоляционного материала при пайке.

**Кварцевое стекло** — плавленный и отлитый из расплава кварц. Содержание $SiO_2$ — более 90 %. Имеет плотное строение и хорошую теплостойкость. При температурах выше 1100 °С расстекловывается и крошится; никакими шлаками не разъедается.

Огнеупорная посуда из кварцевого стекла используется в качестве ванн для отбелов, а также стержней для размешивания расплавов.

**Глина огнеупорная** имеет сложный химический состав. Включает: $SiO_2$, $Al_2O_3$, $CaO$, $MgO$, $K_2O$, $Na_2O$, $Fe_2O_3$. Огнеупорность — от 1530 до 1830 °С, в зависимости от состава; плотность — 1,8 (в порошке). Реагирует с кислотами и щелочами.

Используется в качестве связующего материала для составления огнеупорных обмазок и тиглей. Смесь огнеупорной глины, шамота, каолина и графита (в порошке) в соотношении 5,0:2,5:1,3:1,2 используется при изготовлении тиглей для плавки золотых и серебряных сплавов.

**Каолин** — белый порошок, состоит из $Al_2O_3$, $SiO_2$, $SiO_3$, $P_2O$. Огнеупорность 1800...1900 °С; плотность 2,2. Подобно огнеупорной глине реагирует с кислотами и щелочами.

Используется как связующее для изготовления графито-шамотно-глиняных тиглей и как составная часть монтировочной массы.

**Шамот** — обожженная глина или обожженный каолин. Огнеупорность 1850...1770 °С; плотность 2,54...2,62. Способен впитывать в себя оксиды металлов.

Используется как составная часть многих огнеупорных смесей для изготовления тиглей. Смесь шамота и огнеупорной глины (в порошке) в соотношении 1,5:1,0 применяется при изготовлении тиглей для плавки платины, золота и серебра.

**Графит (тигельный)** — светло-серый порошок, жирный на ощупь. В состав графита входят: зола, оксид железа и влага. Огнеупорность 3500 °С; плотность 2...2,5.

Используется при изготовлении графитовых тиглей и смесей для тиглей. Смесь графита, огнеупорной глины, шамота, кварцевого песка и каолина (в порошке) в соотношении 4,7:3,6:0,9:0,6:0,2 идет на изготовление тиглей для плавки золота и серебра.

**Известь жженая** — бесцветный порошок, состоит ( в %) из: CaO — 88...93;MgO — 1...2; SiO — 1,5...3; $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ — 1,5...2; P — 0,005...0,01; S — 0,07...0,10. Огнеупорность 2670 °С; плотность 3,32.

Хорошо противостоит действию шлаков. Поглощает летучие вещества и оксиды неблагородных металлов, очищая от них расплавы.

Используется для изготовления прессованных тиглей для плавки платины, металлов платиновой группы и их сплавов. Применяется в составе флюса при плавке опилок золота, загрязненных наждачной пылью.

Огнеупорные смеси:

1. Кварц (кристобалит) — 70 %; гипс — 30 %; глюкоза (замедлитель) — 0,05...0,1 %; вода — 440...470 мл на 1 кг смеси.

2. Кварц (кристобалит) — 60...68 %; гипс — 32...40 %; вода — 430...450 мл на 1 кг смеси. Могут быть использованы для монтировки сложных наборных изделий (верхушек) в качестве фиксирующего материала для последующей пайки набора (деталей). С этой же целью используется гипсовая масса.

**Монтировочная масса** — огнеупорный материал, используемый при сборке (пайке) ювелирных изделий и сложных деталей. Состав массы: каолин (отмученный) 30...40 мас. ч. и молотый асбест 70...60 мас. ч. Смесь замешивают на воде до густоты пластилина. На этой смеси производят сборку.

Часть этой массы, не связанная в процессе пайки флюсом, может быть использована вторично. Затвердевшую массу размачивают водой.

## 3. 4. СМОЛОПОДОБНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ФИКСИРУЮЩИЕ ПАСТЫ

**Шеллак** — воскоподобное вещество, выделяемое насекомыми из семейства лаковых червецов. Технический шеллак содержит 85 % смолистого вещества и 15 % шеллачного воска. В холодном состоянии твердый. Температура размягчения 65...75 °С, плавится при 115...120 °С. Хорошо растворяется в спирте. Технический шеллак используют для фиксации подвижных соединений для сверления и обработки. Для удаления остатков шеллака его выжигают либо растворяют в спирте.

**Канифоль** — твердая составная часть смолистых выделений хвойных деревьев, полученная путем перегонки. В холодном состоянии твердая, очень хрупкая. Размягчается при температуре 60 °С, становится жидкой при 120 °С. Растворяется в ацетоне, нитрорастворителях, спирте. Применяют как флюс при контактной пайке оловянными припоями.

Канифоль используется как связующий компонент для приготовления фиксирующих паст.

**Фиксирующая паста (китт)** служит для удержания изделия в процессе закрепки в него камней или гравировки изделия. Китт надежно предохраняет изделие от деформаций и позволяет закреплять камни в изделия любой конструкции и формы. Температура размягчения пасты позволяет работать с большинством ювелирных камней. Основными составными компонентами китта являются канифоль и отмученный мел.

Для приготовления китта расплавляют на огне канифоль, постепенно добавляя в нее другой компонент. При постоянном помешивании смесь доводят до густоты сметаны и отливают в удобные для употребления формы.

Канифоль выполняет роль связующего компонента, а мел — наполнителя.

Китт обладает хорошим сцеплением с любой поверхностью и высокой прочностью. Если же прочность и клейкость пасты для такого вида работ оказалась недостаточной (китт скалывается), то в состав наряду с мелом добавляют муку.

С целью понижения температуры плавления китта, его текучести, а также в качестве пластификатора может быть использован пчелиный воск, который добавляется после расплавления канифоли.

# ЧАСТЬ II

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Ювелирное производство — это сложный процесс, заключающий в себе все виды обработки металлов; расчеты и разметку, тончайшую подгонку деталей; пайку; различные способы закрепления камней, виды декоративной и художественной обработки изделий. Только используя разнообразный набор ювелирных операций, можно создать изделия, во всех отношениях отвечающие требованиям «ювелирного». В производстве ювелирных изделий можно выделить четыре направления: ручное, штамповка, литье и станочное. К станочному следует отнести изготовление цепей на автоматических и полуавтоматических цепевязальных станках. С развитием техники и увеличением спроса на ювелирные изделия меняется и соотношение этих направлений в производстве изделий. Прошли времена, когда основное количество ювелирных изделий делалось вручную, сегодня удельный вес литья занимает более половины всей продукции, выпускаемой ювелирными предприятиями. Есть виды изделий, которые и дальше будут совершенствоваться в станочном исполнении, заменяя ручной труд. Например, цепи в станочном исполнении; их производство значительно дешевле и качественнее ручных. Но высокопроизводительные технологии порождают «массовость» однотипных изделий, что снижает спрос покупателя. Поэтому с ростом высокопроизводительных технологий непременно будет возрастать интерес к ручному исполнению — единичному и индивидуальному по возможности к вкусу заказчика. Ручное индивидуальное изготовление является основой развития как совершенных технологий, так и новых художественных направлений (стилей) ювелирного искусства. Более того, ни одна совершенная технология не может обойтись без образца, выполненного вручную.

Рассматривая тему изготовления ювелирных изделий, следует отметить, что в ювелирной терминологии серийным производством считают выпуск изделий одного образца, превышающий 200 шт., единичным производством — выпуск изделий одного образца до 200 шт. Индивидуальным считается изготовление единственного изделия по рисунку (замыслу) автора.

# ГЛАВА 4
# ЮВЕЛИРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

## 4. 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И АССОРТИМЕНТ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Общепринятая классификация ювелирных товаров — это объединение их в группы по назначению: предметы личных украшений; предметы туалета; принадлежности для курения; предметы для сервировки стола; письменные принадлежности; принадлежности для часов; сувениры.

*Предметы личных украшений:* кольца, серьги, броши, булавки, браслеты, бусы, кулоны, колье, медальоны, цепочки.

*Предметы туалета:* пудреницы, зеркала, флаконы, запонки, булавки для шляп, зажимы для галстуков.

*Принадлежности для курения:* портсигары, сигаретницы, порттабаки, пепельницы, спичечницы, мундштуки и трубки.

*Предметы для сервировки стола:* ложки, вилки, ножи, рюмки, бокалы, стопки, графины, сервизы, подстаканники, лопатки для пирожного, кольца салфеточные, солонки и перечницы.

*Письменные принадлежности:* письменные приборы, ножи для бумаги, стаканы для карандашей, настольные блокноты, ручки и т. д.

*Предметы для украшения интерьера*: вазы, фигурки, поделки из камня, рога и кости, шкатулки, коллекционные камни и др.

*Принадлежности для часов:* браслеты для наручных часов, бортовые цепи и шатленки для карманных часов.

*Сувениры*: памятные медали, нагрудные значки, брелоки, символы и др.

Классификация по назначению объединяет группы товаров, выполненных из разных материалов (драгоценных и дешевых) различной техникой (ювелирной и не связанной с ней). Классификация позволяет систематизировать весь ассортимент товаров для реализации их через торговые предприятия и упорядочить связи торговли с предприятиями-изготовителями.

Систематика по материалам.

1. Ювелирные изделия — изделия, изготовленные из драгоценных металлов с применением ювелирных камней и без них.

2. Художественные изделия из нейзильбера — изделия народных промыслов из нейзильбера, изготовленные вручную с применением ювелирных камней и без них.

3. Ювелирная галантерея — штампованные и литые изделия, изготовленные из недрагоценных металлов с недорогими вставками и без них.

4. Камнерезные изделия — декоративные и художественные поделки из ювелирно-поделочных и поделочных камней с применением металлов и без них.

Рассматривая дальше ювелирные товары, мы будем иметь в виду только личные украшения, изготовленные из драгоценных металлов, называя их «ювелирные изделия».

Способов изготовления ювелирных изделий много, и они в немалой степени влияют на внешний облик и стоимость. Для любого производства необходима классификация ювелирных изделий по технологическому признаку, т. е. по технике исполнения. По технологическому признаку изделия можно разделить на монтированные, филигранные, литые и станочные.

К монтированным относят изделия, изготовленные вручную, а также с использованием штампованных или литых деталей, чеканных или сканных элементов.

Рис. 11. Кольца

Филигранные (сканные) — изделия, изготовленные вручную из гладкой и крученой проволочной заготовки.

Литые — изделия, полученные отливкой в форму с незначительной ручной доработкой. Литые изделия могут имитировать любую технику исполнения (монтировку, филигрань и т. д.).

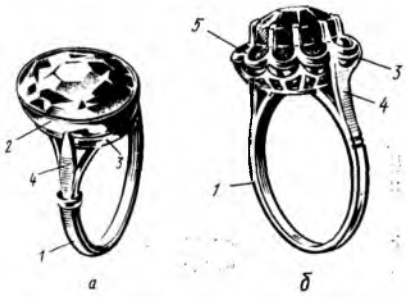



Рис. 12. Основные элементы кольца: *1* — шинка, *2* — каст (оправа камня), *3* — рант, *4* — накладка, *5* — верхушка

Прессованные и станочно-сборные — изделия, полученные при помощи различных станков с незначительной ручной доработкой. Например, обручальные кольца, изготовленные на давильных станках; штампованные изделия (кулоны, брелоки и др.); цепи, изготовленные цепевязальными станками.

Ассортимент ювелирных изделий (личных украшений) состоит из различных видов:

украшения для рук — все разновидности колец и браслеты;

украшения для головы — серьги, диадемы;

шейные украшения — шейные цепочки, ожерелья, колье, кулоны и др.;

украшения для платья (нагрудные украшения) — броши, нагрудные булавки.

**Кольцо** (рис. 11) — наиболее распространенное и разнообразное ювелирное изделие. Существует много разновидностей колец, некоторые имеют символическое значение, например кольца для помолвки и обручальные. Название «перстни» употребляли по отношению к кольцам, видоизмененным в лицевой части, т. е. имеющим утолщения, площадку, кольцам с камнем или несколькими (на лицевой части) и т. д. Название «печатка» (или кольцо-печатка) ранее употреблялось только с кольцами, имевшими в качестве вставки гемму на камне (чаще инталию), способную оставлять оттиск на печатях. В наше время это понятие расширилось, и печаткой называют кольца с площадкой, рассчитанной для гравировки, или с рельефным символом, а также с плоским камнем, монограммой и др.

Конструктивно кольца могут состоять из одной детали (обручальное кольцо) и множества деталей (элементов), каждая из которых имеет свое декоративное и конструктивное значение. Основная деталь — «шинка» (рис. 12), ободок, обвивающий палец, — определила название всему изделию «кольцо» и несет на себе основную конструктивную нагрузку, т. е. служит средством удержания изделия на пальце. Шинка может быть постоянного сечения или переменного (т. е. переходящая в другую форму). Внутренний диаметр шинки (в миллиметрах) определяет размер

кольца. Степень сложности колец безгранична и может зависеть от каждой детали.

Количество деталей определяется «образцом», художественным замыслом автора, количеством камней и еще множеством других условий. Основное количество украшающих элементов располагают в лицевой части кольца. Лицевой частью всех ювелирных украшений считают видимую в процессе эксплуатации. Если кольцо разложить как бы на узловые составляющие, то его можно представить как каст и шинку, либо верхушку и

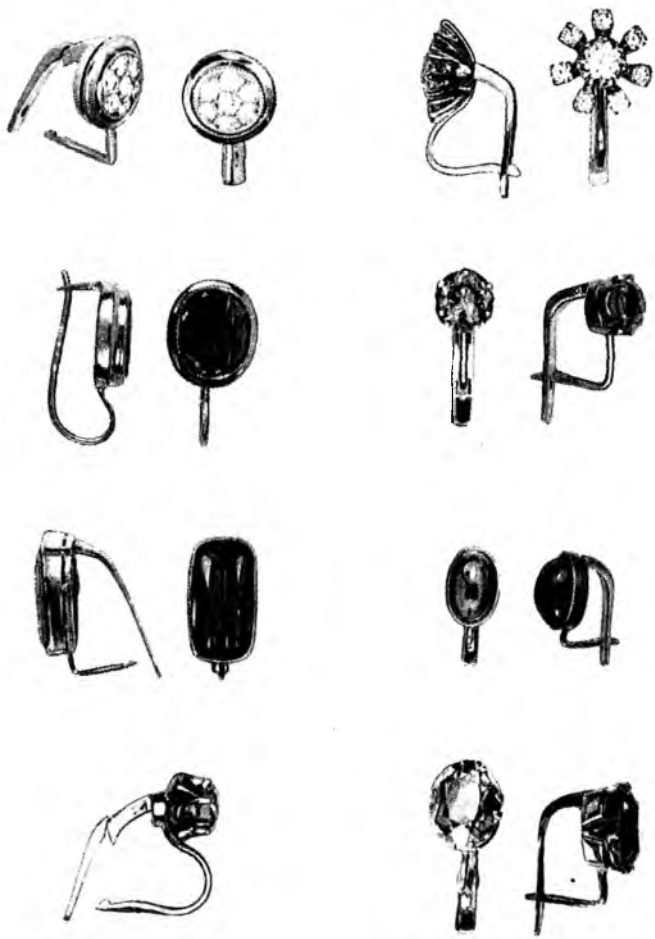


Рис. 13. Серьги

шинку. Каст — это оправа камня, размер и форма которого зависят от камня, а фасон — от художественного замысла всего кольца. Верхушкой называют верхнюю часть кольца, она может быть гладкой, рельефной, усаженной камнями и т. д.

Собственно верхушка является базовой декоративной частью всех изделий (кольца, серег, броши и т. д.), а средства удержания на руке, голове, платье подразделяют изделия на виды. Остальные элементы (детали) — рант, накладки — являются соединительными, несущими не только конструктивную, но и декоративную нагрузку. В случаях подетального изготовления ювелирного изделия такая деталировка и ее терминология необходимы, а в случаях изготовления полного изделия литьем подетальный расклад и терминология условны.

**Серьги** (рис. 13) — парные ювелирные украшения для головы. Любимое женское украшение, разнообразию которого нет предела. Особенность серег заключается в том, чтобы независимо от конструкции изделия одна серьга должна быть зеркальным соответствием другой (парной). Кроме рисунка соответствие должно быть в массе, цвете металла и камней и т. д.

Серьги носят, продевая крючками сквозь мочки ушей. Лицевой частью является камень в оправе или верхушка, а средством удержания серьги — замок или крючок. Разнообразие серег может быть представлено не только разнообразием лицевой части, но и разновидностями креплений. Крепления могут быть от простых проволочных с фиксатором и свободных до сложных по конструкции с защелкивающимися замками. Кроме того, что замок сам по себе может быть украшением изделия, к нему предъявляются жесткие требования. Он должен быть простым и надежным в эксплуатации, долговечным, соразмерным с серьгой, не должен раздражать соприкасающиеся с ним участки тела.

**Брошь** (рис. 14) — украшение для платья. Отличительная особенность броши — замковая часть (булавка), рассчитанная для прикрепления изделия к платью. Размеры брошей, как правило, превышают размеры колец и серег (по площади лицевой части), поэтому возможности разнообразия верхушек значительно выше. Пределы использования камней в брошах очень широки — от единственного камня до множества разных по размерам и цветовой гамме. Самые разнообразные формы верхушек — от строгих до абстрактных, часто в форме растительных элементов (листьев, веток) или в форме представителей животного мира (птиц, насекомых) и т. д. Все типы замков брошей должны обеспечивать надежность крепления к платью и правильное положение броши.

**Кулон** (рис. 15) — нагрудная или шейная подвеска. Кулон носят на цепочке, шнурке или ожерелье, ниже уровня шеи, как нательно, так и поверх платья. Кулон соединяется с цепью одним звеном (ушком) и может быть различных фасонов — от единственного камня с ушком до сложной верхушки, имеющей множество камней или другие украшающие элементы. Размеры под-

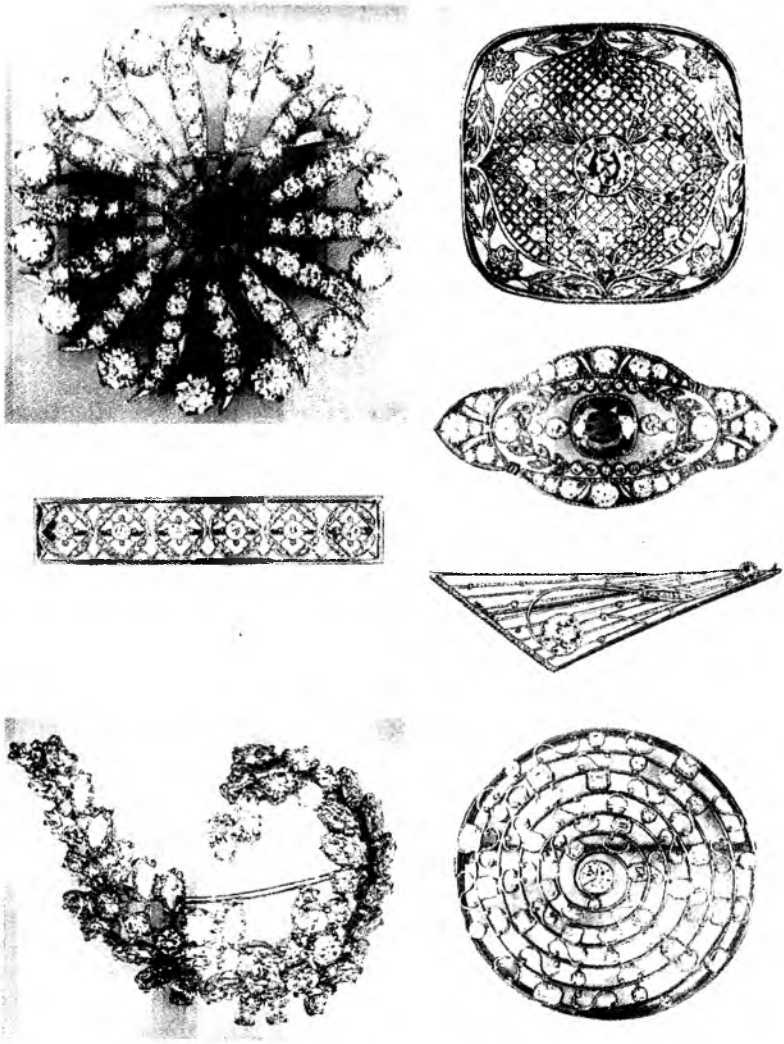


Рис. 14. Броши

весного ушка выбирают из расчета прохождения через него ушка цепи для замены цепи или замены кулона. Верхушка кулона может изготавливаться аналогично верхушкам других изделий (кольцам, серьгам, брошам), но форма его чаще вытянута по вертикали. Ряд кулонов дополнительно снабжается булавкой для прикрепления к платью и тогда называется брошью-кулоном.

Рис. 15. Кулоны

**Колье** — шейное украшение, состоящее из одной или нескольких подвесок, представляющих единый ансамбль с цепью. Подвеска может иметь несколько точек крепления к цепи, и цепь является частью общего украшения. Носится колье на уровне шеи нательно. Разновидностей колье очень много, могут состоять из большого количества камней и могут быть без камней, но всегда это эластичное, подвижное соединение деталей, позволяющее изделию плотно прилегать к телу даже при большой площади изделия.

Рис. 16. Булавки

**Булавка** (рис. 16) — украшение для платья, которое мужчины носят к галстуку, а женщины как застежку платья на уровне шеи, верхней части груди или на воротнике. Ювелирная булавка представляет собой иглу или резьбовой штифт с головкой. В качестве головки может быть ювелирный камень в оправе или верхушка драгметалла с изображением головы птицы, животного и т. д., а также верхушка, усаженная мелкими камнями. Булавки различаются по длине иглы. Длинная напоминает шпагу, и острый конец ее снабжается предохранителем. Короткая представляет собой резьбовой штифт и страхуется гайкой.

## ГЛАВА 5
## ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Сырьем для предприятий ювелирной промышленности служат полуфабрикаты в виде слитков, прутков, проволоки, шайб, листов и химически чистые металлы. В заготовительных отделениях и цехах ювелирных предприятий полуфабрикаты проходят различную обработку, в результате которой: слитки превращаются в прокат для штамповки деталей ювелирных изделий; прутки приобретают заданные профиль и размеры, а проволока — нужные диаметры; шайбы раскатываются в кольца; листы режутся на ленты и прокатываются до нужной толщины. Чистые металлы используют для составления припоев и литейных сплавов и для освежения драгоценных сплавов, полученных непосредственно на производстве.

Заготовительные отделения и цехи ювелирного производства получают указанные наименования сырья и на месте путем плавки отходов, поступающих с различных участков предприятия.

К заготовительным операциям относятся: плавка, прокатка, волочение, штамповка и термическая обработка. Ведущее место среди них занимает обработка давлением. Изменение формы и размеров заготовки происходит путем пластической деформации. Для драгоценных металлов наиболее распространена холодная деформация. Она обеспечивает высокое качество поверхности, значительную точность размеров и возможность получения различного по величине и форме сечения.

## 5.1. ПЛАВКА

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

Материал, поступающий в плавку, называется шихтовым, или шихтой. Шихта может быть в виде чистых металлов, бракованных слитков и изделий, лома, обрезков, стружки и опилок и других отходов ювелирного производства.

Шихтовый материал в зависимости от степени и характера загрязнения подвергается различной обработке.

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

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

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

**Очистка шихты.** Отходы драгоценных металлов, возвращающиеся от рабочих (опилки, стружка, мелкие обрезки и т. д.), не могут быть не загрязнены. Очистительной обработкой этих отходов занимаются сами рабочие. Собранные опилки прокаливают в муфельной печи для удаления всех сгорающих примесей (дерева, воска, щетины от щеток, бумажной и другой пыли). Остывшую шихту разрыхляют и тщательно промагничивают для извлечения стальных примесей (опилок, обломков лобзиковых пилок и сверл, окалины). Очищенные таким образом отходы драгоценных металлов можно считать подготовленными к плавке для определения слитка на пригодность к дальнейшему использованию.

Сплавляют для различных целей — соединения частей одного металла в один слиток, приготовления сплавов и припоев (легкоплавких, легкотекучих сплавов), освежения сплава и т. д.

Плавку драгоценных металлов производят в индукционных печах с графитовым тиглем.

Шихтовый материал загружается в тигель (рис. 17) — огнеупорный сосуд плавильной печи, в котором расплавляют металл. Последовательность загрузки зависит от величины и состояния шихты (крупные куски, слитки или мелкие обрезки, стружка и т. д.), состава и температурных характеристик компонентов, входящих в сплав.

**Порядок загрузки и плавки шихты.** При плавке однородного металла шихту можно загружать в тигель одновременно, если плавильная печь обеспечивает быстрый нагрев шихты. В противном случае сначала загружают крупные куски или брикеты, а по

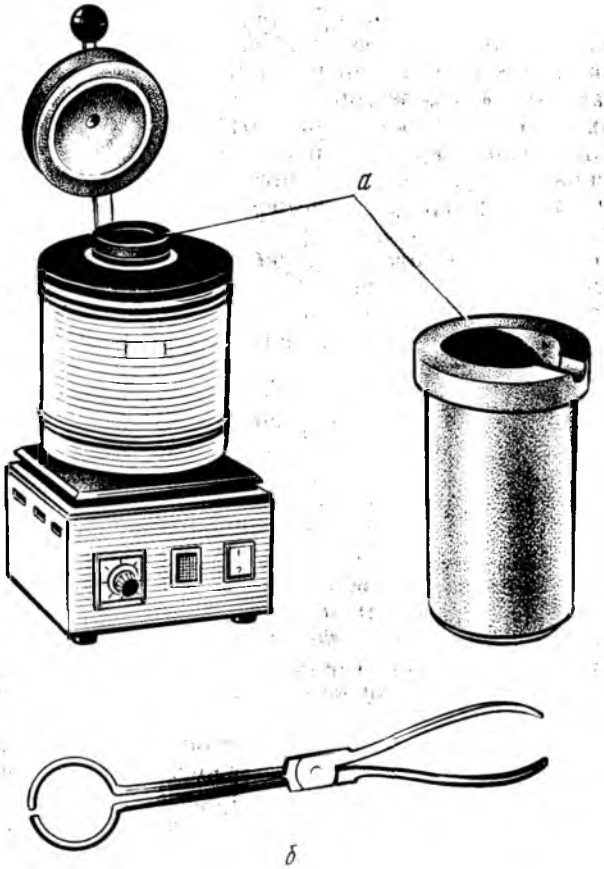



Рис. 17. Современная малогабаритная плавильная установка емкостью тигля до 1 кг золота:
*а* — графитовый тигель, *б* — клещи (захваты) для тигля

мере расплавления их добавляют мелкие обрезки и другие отходы. Расплав из золота нагревают до 1200...1250 °С, серебра — до 1100...1150 °С.

Для приготовления двойных золотосеребряных сплавов загрузку шихты начинают с серебра. Его загружают на дно тигля, а сверху засыпают золото и расплавку ведут одновременно, если куски шихты приблизительно одного размера. Если же величина шихтовых материалов различна, то загружают сначала крупные куски, а по мере их расплавки добавляют мелкие, серебряные или золотые. Температура нагрева расплава для золотых сплавов с содержанием до 30 % Ag — 1200...1250 °С, для сплава с содержанием 40...70 % Ag — 1180...1240 °С, для сплава с содержанием 80 % Ag — 1170...1230 °С.

При легировании золота медью (приготовление двойных золотомедных сплавов) плавку шихты начинают с золота. Если величина шихтовых материалов различна, то плавят раньше слитки и крупные куски золота, а затем догружают мелочь. Медь загружают только после того, как полностью расплавится золотая шихта. Для всех сплавов с содержанием меди в качестве медной лигатуры используют прокат марок не ниже М1. Расплав, содержащий до 2 % Cu, нагревают до 1190...1250 °С; 8,4 % Cu — до 1180...1240 °С; 42,7 % Cu — до 1150...1230 °С.

При приготовлении тройных золотосеребряномедных сплавов сначала загружают золото и серебро, а затем в золотосеребряный расплав — медь. Нагрев расплава производится: для сплава 958-й пробы до 1180...1240 °С; 750-й — до 1180...1200 °С; 583-й — 1080...1200 °С; 500-й — 1070...1160 °С; для сплавов 375-й пробы до 1120...1230 °С.

Загрузку золотоникелевомедного сплава начинают с золота. После его расплавления догружают никель и медь. Тигель нагревают на 150...250° выше температуры полного расплавления.

При плавке серебряных сплавов загрузку тигля начинают с серебра и после полного расплавления загружают медь. Для сплавов серебра 875-й пробы и выше температура нагрева 1090...1140 °С.

Плавку золотых припоев с содержанием легкоплавких металлов цинка и кадмия можно производить двумя способами: 1) цинк и кадмий вводят в расплав в последнюю очередь подогретыми до температуры 150 °С; 2) сначала создают промежуточные лигатуры легкоплавких металлов с медью при постепенном нагревании металлов, а затем сплавляют весь набор сплава.

**Защитные покровы, флюсы, раскислители.** При плавке драгоценных металлов и сплавов для предохранения расплавов от окисления, насыщения кислородом и другими газами из окружающей среды, а также для верхней теплоизоляции расплавов (для сокращения расходов теплоты на плавку) применяют следующие защитные покровы: древесный уголь, буру, борную кислоту, хлористый кальций, хлористый натрий, хлористый калий, хлористый барий.

Флюсы очищают расплавы от нежелательных компонентов, загрязнений и примесей путем окисления и перевода оксидов в шлаки. В большинстве случаев в качестве флюсов используются те же вещества, что и для защитных покровов.

Раскислители восстанавливают окисленные компоненты расплава до металлов для повышения его жидкотекучести и качества отливаемых слитков. Для драгоценных сплавов раскислителями являются цинк, фосфористая медь и марганцовокислый калий.

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

Древесный уголь может выполнять роль как защитного покрова, так и флюса. Для плавок драгоценных металлов и сплавов лучшим считается хорошо прокаленный березовый уголь. Температура вспышки угля 250...300 °С. Уголь прокаливается без доступа воздуха до вишнево-красного цвета. Хранится в сушильных шкафах при температуре на 20...50 ° выше температуры окружающей среды. В качестве защитного покрова может быть применен при плавке серебра, серебряно-медных сплавов, золота и золотых сплавов без содержания платины, металлов платиновой группы и никеля.

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

Борная кислота (плавленая) используется в качестве флюса при плавке золотых сплавов.

Буру или борную кислоту засыпают на дно прогретого тигля до загрузки шихты, таким образом смачивая частицы металла до начала их окисления.

Смесь поташа с бурой (1:1 по массе) применяют как флюс при очистительных плавках. Смесь должна быть прокалена. Флюс вводят порциями. При загрязнении шихты нежелательны-

ми металлами применяют смесь буры с калиевой или натриевой селитрами.

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

Другие флюсы — хлористый кальций, хлористый барий, хлористый натрий, хлористый калий — также применяют при очистительных плавках. Свойства и действие флюсов однотипны. Температура плавления 772...925 °С. Образуют хорошие защитные покровы для сплавов с температурой плавления до 1300 °С. Хлористый кальций, хлористый барий, хлористый натрий или хлористый калий, как и буру, применяют в переплавленном, измельченном и прокаленном виде.

Лучший раскислитель для золотых сплавов — цинк. Его вводят из расчета 0,05...0,1 % от массы шихты. Для серебряных сплавов используют фосфористую медь.

**Процесс плавки.** Перед загрузкой шихты в тигель следует проверить исправность плавильной системы и подготовить для отливки слитка изложницы. Тигель перед загрузкой в него металла прогревают, на дно прогретого тигля засыпают флюс из расчета 1 % от массы шихты. Затем в тигель загружают шихту и задают нужную температуру. После расплавления шихты расплав покрывают небольшим количеством свежего флюса и перемешивают. Не понижая температуры нагрева, расплаву дают отстояться, чтобы флюс отшлаковал ненужные оксиды и примеси, вводят раскислитель. В расплавы припоев и сплавов, содержащих цинк, раскислитель не вводится в связи с достаточным количеством компонентов, выполняющих роль раскислителя. Изложницы, нагретые до 100 °С для удаления следов влаги, натирают технологической смазкой и устанавливают для отливки. После этого расплав отливают через сливной желоб тигля в изложницы, и после полной кристаллизации и выдержки слиток извлекают.

На предприятиях, оборудованных плавильными комплексами, плавку и отливку производят в центробежных или вакуумных установках.

В условиях мастерских, не оборудованных плавильными печами, шихту нагревают газопламенной горелкой. Плавку проводят в специальных тигельках (плошках), рассчитанных для массы металла не более 30 г. Плошки изготовляют из смесей на основе огнеупорной глины, каолина, графита, шамота. В этих же целях можно использовать шамотный кирпич или кусок древесного угля, обмазанного огнеупорной глиной. Используют также плошки из кварцевого стекла. Но самой доступной в любых условиях является плошка, изготовленная из асбестового картона толщиной 6...8 мм. Обрезанный по размеру картон увлажняют и придают ему форму легкого прогиба (углубление не должно превышать 6...7 мм, чтобы не создать эффект отраженного пламени),

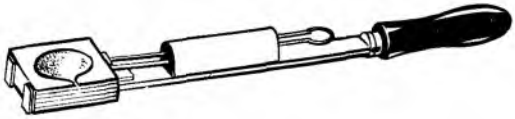


Рис. 18. Приспособление для удержания шамотной или асбестовой плошки (тигелька) в процессе ручной плавки и отливки

сушат и перед плавкой глазуруют бурой. Асбестовый тигелек выдерживает 3...4 плавки. Однако все эти тигельки недолговечны, застывающая бура отслаивает глиняную обмазку, а кварцевый тигелек сразу после отливки резко охлаждают в воде, иначе бура, остывая, разрывает поверхность кварца. Плавку припоя в плошках осуществляют с добавлением легкоплавкого компонента под слегка пристывший слиток с продолжением плавки (рис. 18).

Слитки трехкомпонентных сплавов «золото — медь — серебро» при охлаждении ниже 450 °С сохраняют первоначальную кубическую гранецентрированную решетку и свойства твердого раствора, поэтому слитки необходимо подвергать резкому охлаждению. Это придает им мягкость и пластичность.

Для отливки слитков драгоценных металлов используют чугунные и стальные изложницы (рис. 19). Изложница, или ингус, представляет собой металлический брусок с выфрезерованным пазом по форме будущего слитка. Нерабочая стенка изложницы делается выше, она служит экраном, направляющим расплав в паз. Размеры изложниц и толщина их стенок зависят от размеров слитка. Изложницы для горизонтальной отливки делают сплошными. Они могут иметь несколько ячеек. Для вертикальной отливки изготовляют разъемные изложницы, с заливной воронкой с торца. Изложницы рекомендуется делать из серого гематитового чугуна с малым содержанием примесей серы и фосфора или низкосортных сталей (как правило, разъемные).

Изложницы прокаливают до температуры 500...550 °С с технологическими смазками. Роль технологических смазок — обеспечить хорошее качество отливаемых слитков, т. е. хорошее растекание расплава по ячейке, препятствовать образованию раковин и наплывов и пригоранию расплава к стенкам изложницы. В качестве смазок употребляют: льняное, конопляное, подсолнечное, веретенное и машинное масла, пчелиный воск и водную эмульсию молотого мела.

Перечисленные масла рекомендуются для отливки слитков из серебра, золота и припоев. Если смазку производят непосредственно перед отливкой, то перед использованием масло обязательно обезвоживают кипячением на водяной бане при 110...120 °С в течение 2 ч. Смазку наносят тонким слоем на рабочую поверхность изложницы, подогретой до температуры не более 100 °С.

Пчелиный воск — одна из лучших смазок. Используется в

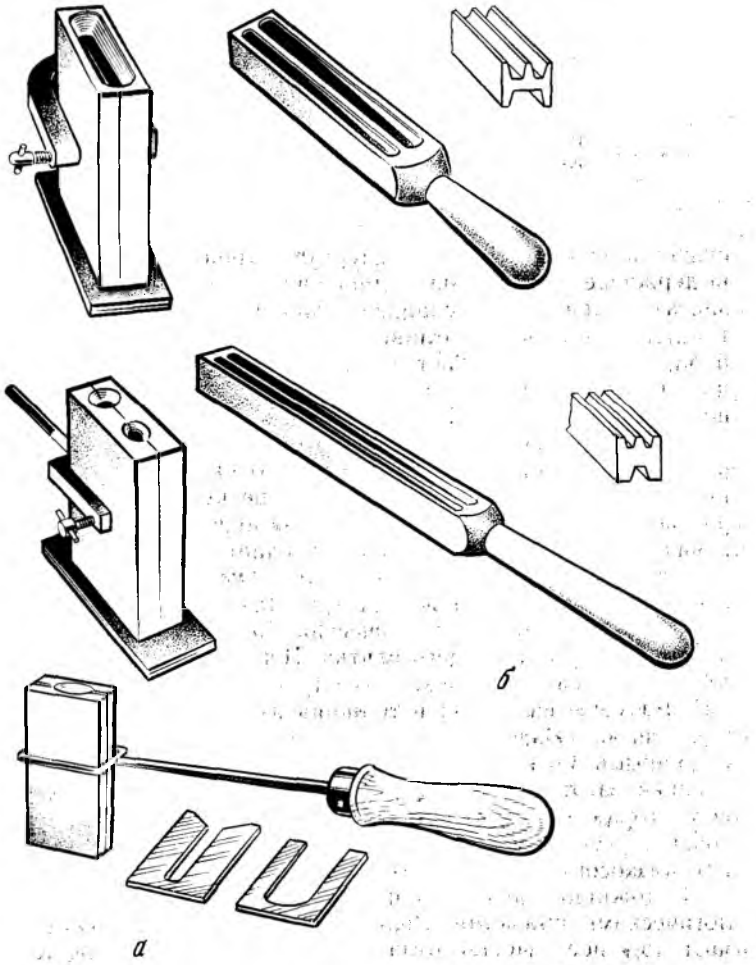



Рис. 19. Изложницы для отливки слитков:
*а* — сборные, для вертикальной отливки, *б* — для горизонтальной отливки

тех же случаях, что и масла. Наносится на рабочую поверхность изложницы, нагретой до 50...70 °С.

Водная эмульсия молотого мела применяется при отливке высокотемпературных металлов и сплавов — золота, платины, палладия. После нанесения слоя эмульсии на рабочую поверхность изложницы, нагретой до 150...200 °С, ее тщательно просушивают до полного удаления влаги. Просушенную изложницу рекомендуется прокаливать при температуре 550 °С, тогда из-

ложница выдерживает более 100 заливок. Делают это заранее, так чтобы к моменту отливки изложница имела рабочую температуру 150...200 °С.

Плавка и отливка металлов — один из наиболее опасных процессов, при котором несоблюдение безопасности труда может вызвать серьезные травмы. Выполнять плавку можно только на полностью исправном и налаженном оборудовании. Вся плавильная оснастка должна быть заранее подготовлена и разложена на удобных для работы участках. Плавку следует проводить в защитных очках и с предельной осторожностью. Загружать шихту в нагретый тигель нужно при помощи специального жестяного совочка, размеры которого позволяют безопасно провести операцию. Помешивание расплава и снятие шлака осуществляют специальной графитовой или кварцевой мешалкой, длина которой обеспечивает удобство работы и надежную защиту рук от ожогов. Особой осторожности требует разлив металла в изложницы. Кроме того, что необходим навык, надо убедиться в правильности установки изложницы и степени смазки ее. Лишняя смазка может вызвать разбрызгивание сплава. Плавильщик обязан работать в защитном фартуке из кожи, брезента или войлока. Выброс слитков из изложниц и охлаждение их производят в рукавицах.

## 5.2. ПРОКАТКА И ВАЛЬЦОВКА

*Прокатка* — вид обработки металлов давлением, при котором металл, проходя между вращающимися валками, изменяет форму и размеры. Прокатка — непрерывный процесс, т. е. профиль прокатываемого металла изменяется по всей длине проката. Профилем проката называют поперечное сечение прокатанного металла.

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

В производстве ювелирных изделий применяется только холодная листовая и профильная прокатка. В условиях ювелирных заводов, фабрик и мастерских используют двухвалковые прокатные вальцы с электрическим и ручным приводом (рис. 20, 21), рассчитанные на сравнительно небольшие заготовки.

В целях повышения пластичности слитков драгоценных металлов перед прокаткой их подвергают ковке, причем золотые и серебряные сплавы в холодном состоянии, платиновые — в горячем. Небольшие слитки проковывают вручную (молотком на наковальне), а слитки больших размеров — на ковочных прессах. После этого слитки отжигают. На вальцах с ручным приводом вальцуют и прокатывают мелкие заготовки при индивидуальном изготовлении ювелирных изделий.

Вид выходящей заготовки зависит от формы валков. Валки цилиндрические с гладкой поверхностью (рис. 22) служат для

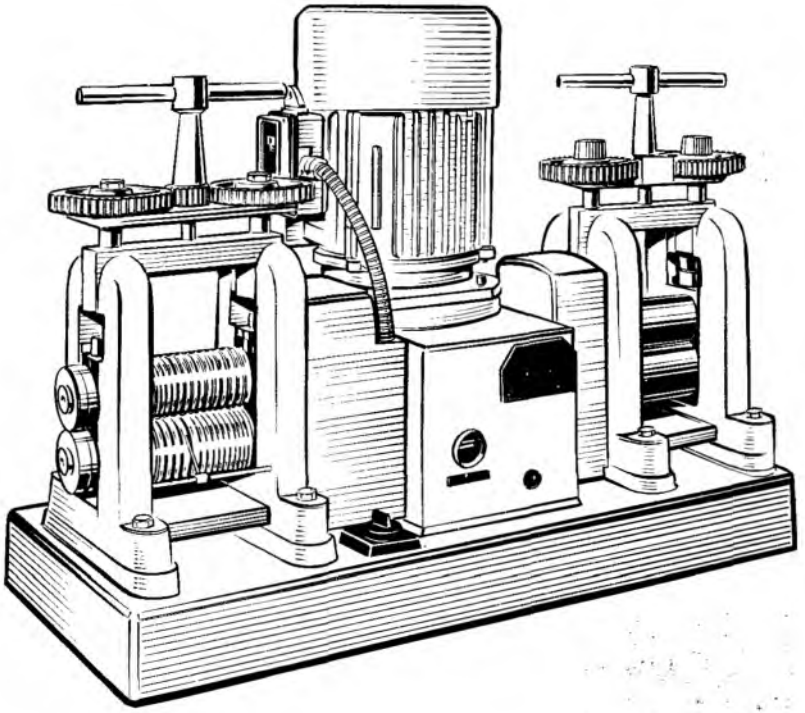


Рис. 20. Вальцы с электроприводом

прокатки листов, слитков в листы (ленты), прутков, проволоки на плоскость (расплющивание).

**Валки профильные** (рис. 23) представляют собой цилиндры с проточками (желобками) разных профилей по окружности валка. Каждая проточка на валке носит название ручей. Каждая пара профильных валков образует систему калибров. Калибром называют просвет, образованный двумя ручьями совмещенных валков. Правила последовательного расположения калибров на валках называют калибровкой валков. В производстве ювелирных украшений нашли применение два вида калибров: квадратный и сегментный (рис. 24). Квадратный калибр образован двумя прямоугольными равнобедренными треугольниками (при совмещении валков). Квадратная калибровка валков обеспечивает прокатку слитков до проволоки нужного сечения. Сегментный калибр образован профильным валком с ручьями овального профиля (разных радиусов) и гладким валком (без ручьев). Сегментная калибровка позволяет получить заготовку для обручальных колец различной ширины и заготовку для деталей других колец.

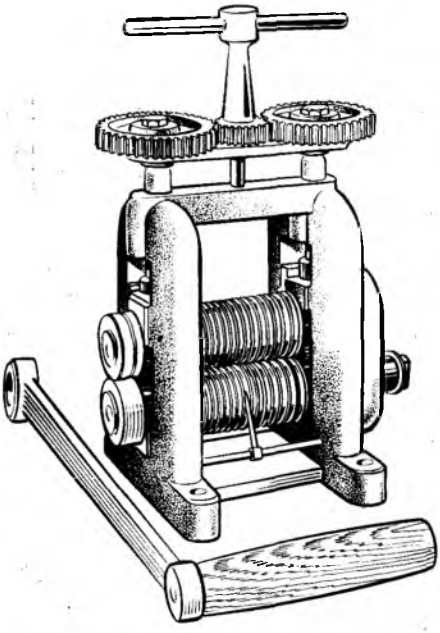


Рис. 21. Вальцы с ручным приводом

При прокатке металл, проходя между двумя валками, подвергается деформации, которая заключается в уменьшении высоты полосы, уширении полосы (для листовой прокатки) или в уменьшении профиля (для профильной прокатки). И в том и в другом случае изменяется форма проката и увеличивается его длина. В валки металл втягивается силами трения, которые создаются на поверхности соприкосновения металла с валками под влиянием давления, возникающего при обжатии полосы по высоте. Но металл деформируется не одновременно по всей длине полосы, а только на том участке, где происходит обжатие. Этот участок называется зоной деформациии и определяется объемом между площадью начального касания валками и площадью, проходящей по продольной оси валков по линии центров. Из продольного сечения зоны деформации по вертикали (рис. 25, *а*) видно, как происходит постоянное обжатие полосы по толщине от начальной $H$ до конечной $h$. А из продольного сечения зоны деформации по горизонтали (рис. 25, *б*) — как происходит уширение полосы от начального размера $B\Pi$ до конечного $B_2$.

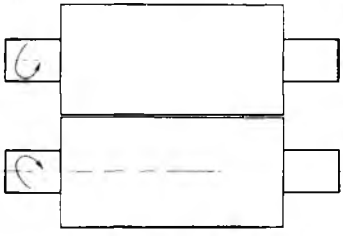


Рис. 22. Валки гладкие

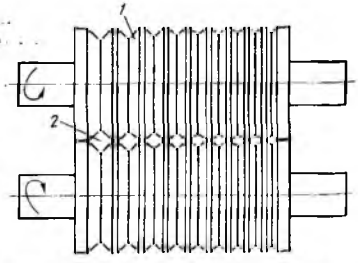



Рис. 23. Валки профильные с квадратной калибровкой:
*1* — ручей, *2* — калибр

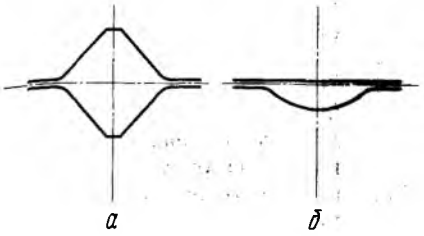



Рис. 24. **Калибры:**
*а* — квадратный, *б* — сегментный

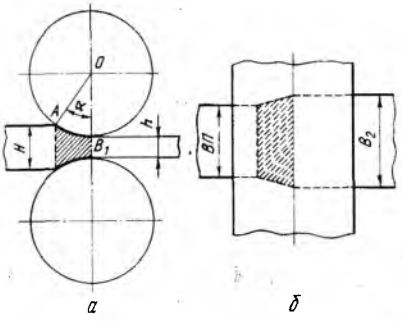



Рис. 25. Схема деформации металла при прокатке:
*а* — продольное сечение зоны деформации по вертикали, *б* — продольное сечение зоны деформации по горизонтали

Дуга $AB_1$, по которой металл соприкасается с валком, называется дугой захвата, а угол $\alpha$, образованный $AO$ и $OB_1$ и опирающийся на дугу захвата, — углом захвата. После прохождения заготовкой дуги захвата наступает установившийся процесс прокатки.

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

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

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

Прокатка слитков, прутков, лент и других заготовок на электромеханических вальцах требует определенной подготовки. Убедившись в исправности станка, регулировки опорного стола и, при надобности, боковых направляющих (щечек), производят регулировку зазора между валками. В современных универсальных вальцах имеется делительный диск, по которому можно определить расхождение валков. В вальцах более ранней кон-

струкции и в вальцах с ручным приводом регулировка зазора определяется на глаз, с некоторым запасом в большую сторону.

Если заготовка короткая, ее кладут на опорный стол целиком, если заготовка длинная — на опорный стол помещают головной конец ее. Подавать заготовку малых размеров к валкам рукой чрезвычайно опасно, поэтому для подачи пользуются деревянным клиновидным упором. Большие заготовки подают рукой, на безопасном расстоянии, до захвата их валками. Дальнейшее движение заготовки обеспечивают сами валки. Если после первого прохода заготовка имеет горизонтальное искажение, значит, регулировка параллельности валков недостаточна, вальцы выключают и регулируют. А если видимых горизонтальных искажений нет, процесс продолжают.

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

Прокатка прутковой заготовки в проволоку в профильных валках квадратного калибра производится вращением прутка после каждого прохода на 90° вокруг продольной оси. Таким образом, стороны квадрата (заготовки) попеременно попадают под вертикальное обжатие валками. При этом обжатие должно быть таким, чтобы на ребрах, находящихся в данный момент в горизонтальном положении, не образовался облой (слой металла, выступающий за пределы контура полуфабриката); в противном случае заготовка отходит в брак, который можно исправить только опиливанием облоя.

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

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

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

## 5.3. ВОЛОЧЕНИЕ

Процесс волочения представляет собой протягивание прутковой, проволочной, трубной и профильной заготовок через коническое отверстие для уменьшения их поперечного размера и увеличения длины. Путем волочения в ювелирном производстве получают в основном проволоку и трубную заготовку. Ювелирные предприятия в качестве сырья получают со специальных заводов полуфабрикаты в виде слитков, листов, прутков, проволоки и т. д. Тем не менее волочильные процессы в ювелирном деле широко распространены. Заготовка для волочения проволоки — прутки и проволока большего сечения, для протяжки трубок — ленты определенных размеров.

Основной волочильный инструмент — матрицы, или фильеры, с отверстиями, через которые протягивают металл (рис. 26). Протяжку заготовки обеспечивает комплект матриц двух типов. Первый — это набор обойм, в каждую из которых вставлен фильер определенного размера, применяется для станочной протяжки. Второй тип представляет собой металлическую доску с вставленным в нее комплектом фильеров, служащую для ручной протяжки. Реже встречаются доски с набором конических отверстий непосредственно в доске без вставок. Матрицы в виде досок имеют несколько названий — волочильная доска, фильерная доска или «циайзен».

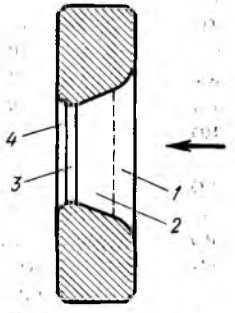


Рис. 26. Волочильная матрица (продольный разрез):
*1* — смазочная воронка, *2* — рабочий конус, *3* — калибрующий поясок, *4* — выходная распушка

Волочильные отверстия состоят из четырех элементов (зон): смазочной воронки, рабочего конуса, калибрующего пояска и выходной распушки.

Смазочная воронка, или входная распушка, предназначена для подачи смазки в рабочий конус и предохранения заготовки от задиров. Рабочий конус обеспечивает обжатие заготовки до определенного размера. Угол образующей конуса для прутковых и

Рис. 27. Клещи (захваты) для ручной протяжки

проволочных заготовок равен 6°, для трубных заготовок — 10...15°. Калибрующий поясок обеспечивает заданную точность и правильность формы (калибрует заготовку). Длина пояска для прутковых и проволочных заготовок — 3...7 мм, для трубных заготовок — 1...3 мм. Выходная распушка предохраняет выходное отверстие от выкрошивания и устраняет возможность задиров заготовки о края фильера.

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

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

Захватывают протягиваемые заготовки специальными клещами (рис. 27) с плоскими мощными губками, на рабочей части которых есть мелкая насечка. Такие захваты у ювелиров называются цицанги.

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

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

Один конец заготовки отвальцовывают или опиливают на конус так, чтобы он свободно проходил в несколько отверстий меньшего сечения на расстояние захвата цицангами. Этот конусный конец называют захваткой. Предварительно смазав, захватку продевают в отверстие жестко укрепленного циайзена на расстояние свободного захвата. Затем равномерным натяжением протягивают всю проволоку сквозь отверстие фильера. Когда захватка перестанет проходить в очередное отверстие, конец проволоки снова запиливают. В процессе протяжки надо следить за тем, чтобы проволока до входа в отверстие не перекручивалась и не перегибалась во избежание обрыва. Последовательно

проходя каждое очередное отверстие с периодической смазкой, проволока нагартовывается (получает напряжение) и требует отжига. При волочении проволоки из золотых и серебряных сплавов от 1,2 до 0,3 мм требуется два-три периодических отжига. Проволоку, туго свернутую в рулон (бунт), отжигают в муфельных печах.

Волочение трубок производится из предварительно прокатанных лент (тонких полос). Чтобы определить размеры заготовки, необходимо сделать расчеты. Исходными данными служат внутренний диаметр трубки и толщина проката или внутренний и внешний диаметры трубки. Рассчитывают размеры заготовки следующим образом.

Имея внутренний диаметр и толщину стенки (проката), нетрудно установить внешний диаметр, прибавив к внутреннему диаметру две толщины. А имея два диаметра трубки, проще всего произвести расчеты по средней линии диаметров (среднему диаметру). Для этого диаметр средней линии умножают на 3,14. Например: надо изготовить трубку с внутренним диаметром 2 мм и толщиной стенки 0,4 мм.

Внешний диаметр трубки будет равен $2+0,4+0,4=2,8$. Средняя линия диаметров $(2+2,8):2=2,4$. Развертка окружности (ширина ленты) будет равна $2,4\cdot3,14=7,54$. Следовательно, ширина заготовки по расчетам должна быть равна 7,54 мм. Но, учитывая мягкость драгоценных металлов, на вытяжку и уплотнение дается припуск 0,2...0,3 мм.

Заготовку отрезают необходимой длины с учетом захватки. Для захватки один конец ленты обрезают клином (рис. 28, *а*) и при помощи небольшого молоточка заворачивают в конусную трубку — захватку (рис. 28, *б*). Эту операцию производят на секенайзене — специальной металлической плите с желобками или на деревянной основе. Затем захватку и начальный участок ленты (с внешней стороны) смазывают и, протягивая через отверстие фильера, сворачивает ленту в свободную трубку. Размер отверстий выбирают с таким расчетом, чтобы края трубки не были плотно сомкнуты. Во время протяжки ленты смотрят за тем, чтобы до входа в отверстие лента находилась в одном положении, иначе шов может оказаться неровным или спирально закрученным. Протягивая через очередное отверстие, внимательно следят за затяжкой фуги (шва) трубки. При перетяжке трубки (прогоне через более узкое отверстие) на фуге с внутренней стороны

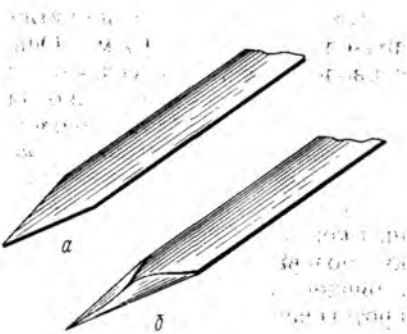



Рис. 28. Заготовка для волочения трубки:
*а* — конец заготовки срезан клином, *б* — завернут в захватку

может образоваться продольная складка, и тогда трубка считается бракованной.

В производстве ювелирных изделий трубчатая заготовка часто идет на изготовление шарнирных соединений и оправ для мелких камней, которые называют царгами. Поэтому все тонкостенные трубки ювелиры называют шарнирами, а толстостенные — царгами. К тонкостенным относят трубки с толщиной стенки до 0,3 мм, а к толстостенным — свыше 0,3 мм. Волочение толстостенных трубок, не поддающихся ручной протяжке, производят на стенках с цепным натягом (рис. 29).

Волочение производится с промежуточным и обязательно конечным отжигом заготовки.

Заготовки для полых цепей и браслетов получают путем волочения трубочной обтяжки, т. е. медную и железную проволоку обтягивают драгоценными металлами — соответственно золотом или серебром. Волочение обтяжек аналогично волочению

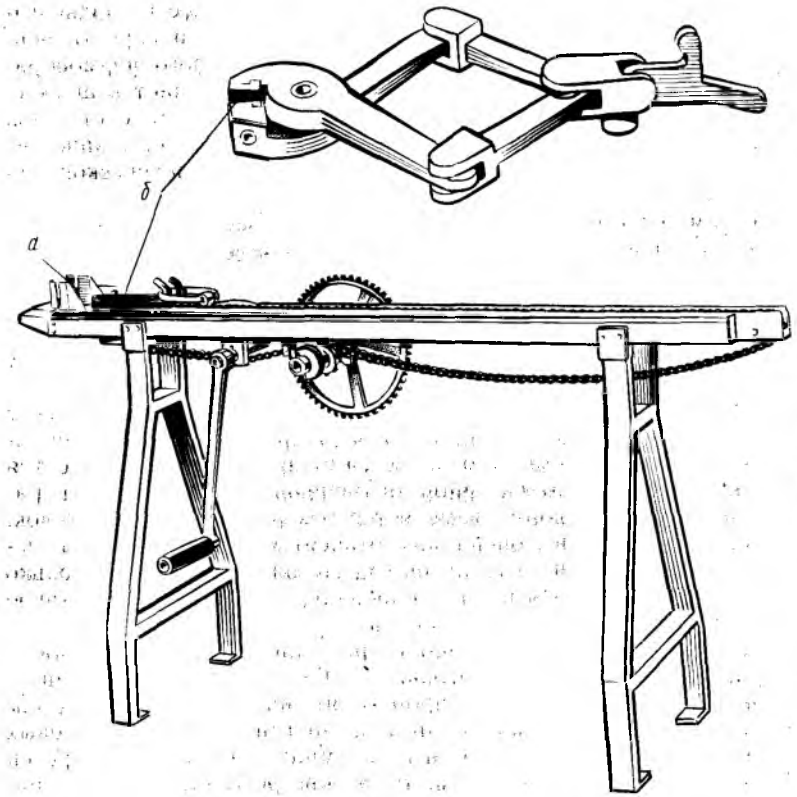



Рис. 29. Станок с цепным приводом для протяжки трубчатой заготовки:
*а* — крепление для волочильной доски, *б* — захваты

трубочных заготовок, разница лишь в том, что, когда лента свернута в желобок или свободную трубку, внутрь этой трубки закладывают проволоку — медную для золотой обтяжки и железную для серебряной. Сечение проволоки выбирают равным внутреннему сечению будущей трубки (медную проволоку можно брать большего сечения, так как она протягивается вместе с оболочкой). Протягивая трубочную обтяжку, необходимо следить за тем, чтобы фуга была прямой. Затем железный или медный вкладыш вытравляют из нарезанных заготовок: золотых — в азотной, серебряных — в соляной кислоте.

## 5.4. ШТАМПОВКА

*Штамповкой* называют вид обработки металлов давлением при помощи штампов. Штамповка основана на использовании пластических свойств обрабатываемых материалов. Металлы и сплавы, применяемые в ювелирной промышленности, подвергаются холодной штамповке. Это один из наиболее распространенных видов обработки давлением, в процессе которого формообразование совершается путем воздействия рабочих частей штампа на материал заготовки, находящейся в холодном состоянии. В качестве заготовки используется листовой материал, в качестве оборудования — прессы. Штампы служат технологической оснасткой.

Штамповка деталей ювелирных изделий заняла большое место в ювелирной промышленности, уменьшив себестоимость продукции, облегчив труд ювелира, намного сократив время на изготовление каждого изделия и тем самым увеличив выпуск ювелирной продукции. Штамповка — окончательный заготовительный процесс, после которого полуфабрикаты поступают на рабочее место (верстак) ювелира.

Операции холодной штамповки делятся на разделительные и формоизменяющие. Разделительные операции — это те, при которых одна часть металла отделяется от другой. К ним относятся резка, вырубка, пробивка. Формоизменяющими называют операции, при которых форма изменяется без разрушения заготовок. К формоизменяющим операциям относятся гибка, вытяжка, чеканка, правка. Если за один проход выполняют сразу несколько операций, например вырубку, пробивку, гибку и т. д., то такие операции называются комбинированными (компаундными).

Наиболее распространенная разделительная операция — резка. Это разделение заготовки по прямой или кривой линии. Резку листовой заготовки производят на рычажных механических ножницах с наклонными ножами (рис. 30), на роликовых ножницах (рис. 31) и в отрезных штампах. Преимущество резки на рычажных ножницах в том, что можно резать листы без ограничения ширины, однако с увеличением толщины листа требуется большее усилие.

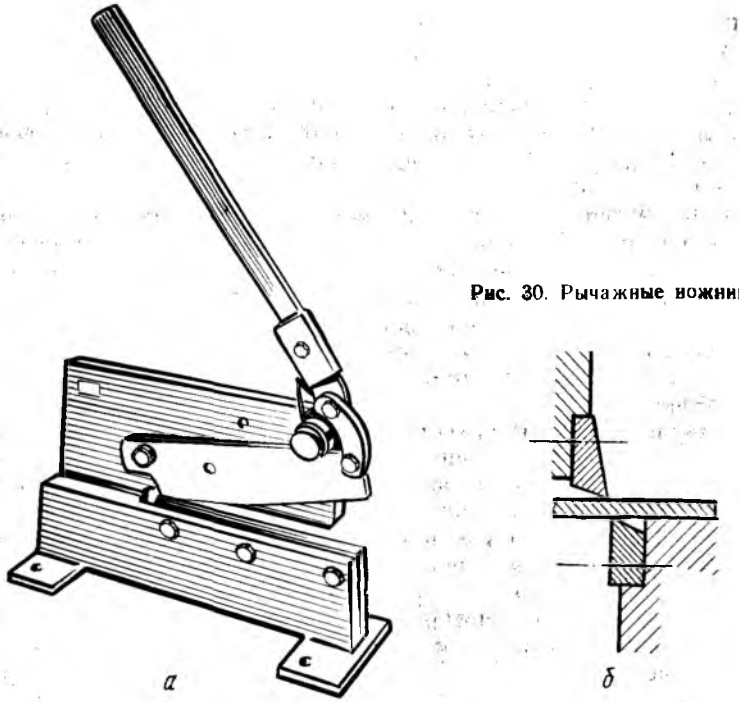



Рис. 30. Рычажные ножницы

Дисковые, или роликовые, ножницы применяются главным образом для продольной разрезки широких лент на более узкие. В отрезных штампах обычно выполняют нарезку заготовок, требующих точных размеров и неискаженной поверхности.

Вырубка — разделение заготовки по замкнутому контуру для получения плоской заготовки с определенным наружным контуром. Вырубку производят в вырубных штампах.

Пробивка — разделение металла по замкнутому контуру для получения в заготовке отверстия. Производится в пробивных штампах.

Гибка — это изменение формы детали без изменения ее сечения между параллельными плоскостями. Для точности изгиба применяют гибку с прижимным устройством, которое предохраняет заготовку от смещения.

Вытяжка — операция получения полых деталей из плоских заготовок. При вытяжке толщина заготовки может уменьшаться до 20 %.

Чеканка (фасонная штамповка) заключается в образовании рельефа (выступов и углублений) за счет растяжения металла плоской заготовки. При чеканке наблюдается незначительное изменение материала по толщине.

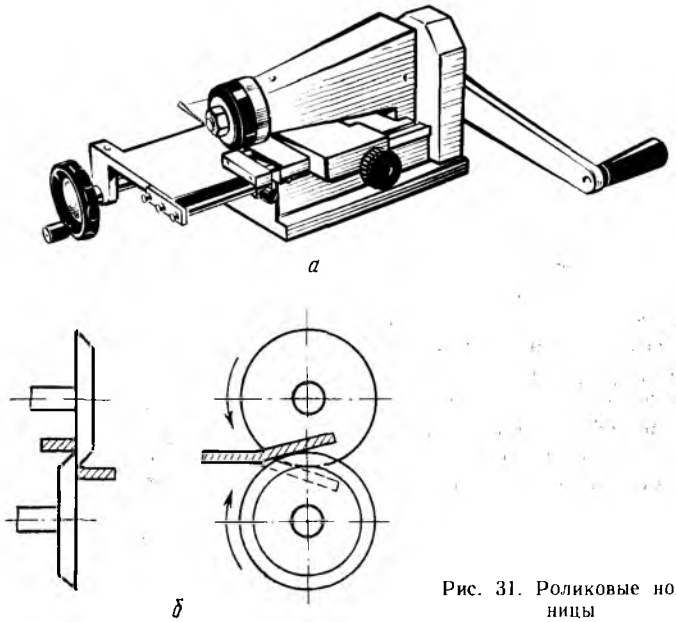



Рис. 31. Роликовые ножницы

Правка, или рихтовка, — операция придания детали плоскостности, которая заключается в обжатии детали между двумя параллельными плоскостями.

Штампы для холодной штамповки, используемые в ювелирном производстве, разнообразны, но, несмотря на технологические и конструктивные особенности, все они состоят из двух частей — нижней и верхней. Нижняя часть штампа крепится обычно на неподвижной части пресса (столе), а верхняя связывается с подвижной частью пресса — ползуном. Формообразование заготовки происходит при смыкании обеих частей штампа под действием пресса. При работе на прессах любой конструкции запрещается держать руки в зоне действия штампов включенного пресса. Установка и наладка оснастки должны производиться только при выключенном двигателе. Работа на прессах со снятым ограждением подвижных деталей без кожухов запрещается. Наладку неисправного пресса может производить только механик данного цеха, и только после его проверки штамповщик допускается к работе на прессе.

## 5.5. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Термическая обработка металлов — это изменение структуры и свойств путем теплового воздействия. В результате нагрева до заданных температур, выдержки при этих температурах и скорости охлаждения в металлах происходит изменение кристалли-

ческой структуры, что влечет изменение свойств. Для драгоценных металлов в процессе изготовления ювелирных изделий используют только один вид термической обработки — отжиг. Отжиг производится с целью смягчения металла. Металл при отжиге приходит в более устойчивое состояние, устраняется неоднородность химического состава, вызванная быстрым охлаждением при отливке, снимаются напряжения, полученные в результате деформации. Отжигу подвергаются слитки, полуфабрикаты и детали изделий в процессе изготовления ювелирных изделий. Отжиг заготовок проводят в определенном режиме для каждого сплава. Золотые сплавы без содержания платиновых металлов и никеля отжигают при температуре 650...700 °С с выдержкой от 5 до 15 мин (в зависимости от массы) и резким охлаждением. Золотые сплавы с содержанием никеля и металлов платиновой группы отжигаются при температуре 700...750 °С с выдержкой в зависимости от массы от 10 до 20 мин и постоянным охлаждением при комнатной температуре или выключенной печи до полного остывания. Сплавы серебра отжигаются при температуре 600...650 °С с выдержкой до 10 мин в зависимости от массы и резким охлаждением. Отжиг в муфельных печах обеспечивает необходимый режим нагрева, но происходит окисление поверхности сплавов, которое необходимо удалять путем отбеливания (травления). Процесс отбеливания ведет к частичной потере лигатуры и, таким образом, общей массы драгоценных металлов. Чтобы избежать дополнительных потерь и повысить производительность отжига, на специализированных предприятиях установлены печи безокислительного отжига. Такая печь представляет собой установку конвейерного типа с камерами нагрева и охлаждения. Конвейерная лента с заготовками для отжига движется внутри тоннеля со скоростью от 0,1 до 0,7 м/мин. Защитной атмосферой служит диссоциированный аммиак, температура нагрева в камере до 950 °С. Контрольно-регулировочной аппаратурой устанавливается программа для соответствующего сплава. Камера охлаждения обеспечивает снижение температуры до необходимого значения. Такие конвейерные печи кроме отжига используют и для пайки изделий в безокислительной среде.

В мастерских, не оборудованных специальными безокислительными печами, безокислительный отжиг можно производить при помощи древесного угля. Золотые сплавы (кроме содержащих никель и металлы платиновой группы) в виде слитков, рулонов проволоки помещают в короб из нержавеющей стали на слой древесного (березового) угля и засыпают углем до заполнения короба. Куски угля должны быть величиной 10...20 мм (с лесной орех) и хорошо просушены. Короб плотно накрывают крышкой и помещают в нагретую до заданной температуры муфельную печь. Заготовки выдерживают от 5 до 15 мин в зависимости от массы и вынимают, охлаждая в воде, после чего заготовки извлекают из короба и просушивают. Отжиг деталей в процессе монтировки может производиться и открытым пламенем

газопламенной горелки на огнеупорной подкладке. Обязательным условием такого отжига является равномерный нагрев до приблизительно нужной температуры без выдержки с естественным охлаждением. При необходимости сохранения поверхности от окисления детали или изделие смачивают в растворе борной кислоты или смеси буры с борной кислотой с последующим отбеливанием.

? 1. Каков порядок подготовки опилок драгоценных металлов (возвратных отходов) к плавке? Какова цель этого процесса? 2. Какую роль выполняют флюсы в процессе плавки? 3. Какую роль выполняют раскислители в процессе плавки? 4. Каков порядок загрузки шихты при плавке припоев? 5. Каким оборудованием пользуются для прокатки металла? 6. В чем смысл отжига драгоценных металлов?

# ГЛАВА 6
# МОНТИРОВОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Монтировкой в ювелирном производстве считается не только сборка, но и весь процесс подетального изготовления. Весь процесс от полуфабрикатов до полировки и закрепки камней — монтировка. Все операции, которые можно выполнить за ювелирным верстаком, называют монтировочными.

## 6.1. РАБОЧЕЕ МЕСТО ЮВЕЛИРА

Организация рабочего места — одно из важнейших условий качественного труда, сокращение потерь драгоценных металлов и снижения утомляемости. Рабочим местом ювелира является верстак (рис. 32). Ювелирные верстаки бывают разных конструкций: на деревянной основе или металлической, однотумбовые и двухтумбовые, одноместные и многоместные. Это во многом определяют условия цеха или мастерской. Но в любом случае есть обязательные требования к каждому ювелирному месту. Сам верстак должен занимать устойчивое положение, чтобы в процессе работы не иметь продольных и поперечных колебаний. Столешница верстака (верхняя плита) должна быть массивной и иметь сегментный вырез (рабочую ячейку) с местом крепления для финагеля (файнагеля). Финагель может крепиться тугой посадкой хвостовика в отверстие торца центра рабочей ячейки или иметь винтовое крепление, позволяющее его удерживать без люфта. Финагель (рис. 33) изготавливается из твердых пород дерева (как правило, дуба) и служит упором при работе ювелира за верстаком. Для сборки отходов в процессе обработки изделий служит выдвижной металлический короб или кожаный фартук под рабочей ячейкой верстака. Короб для сбора отходов устанавливается на такой высоте, чтобы не касаться локтя ювелира при выпиливании лобзиком на финагеле и не упираться в колени при нормальной посадке ювелира на стуле. Короб также должен

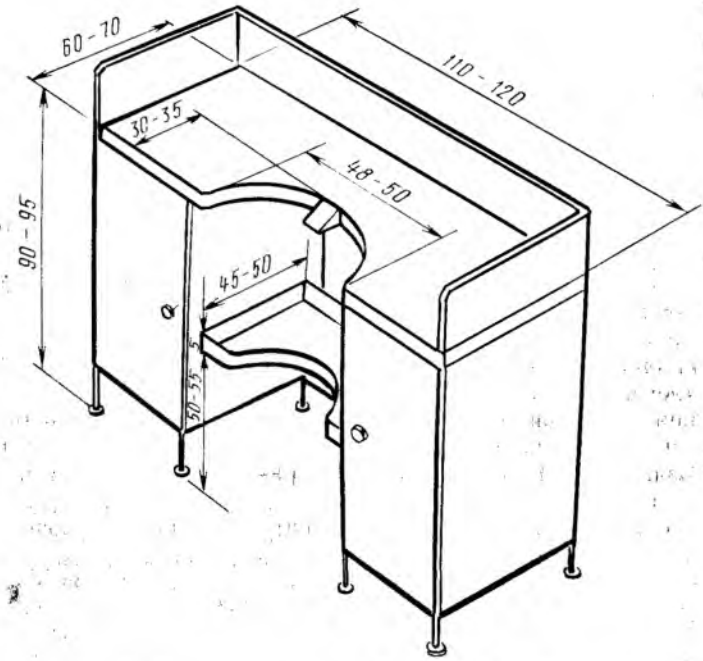



Рис. 32. Основные параметры ювелирного верстака (в см)

иметь сегментный вырез на лицевой стороне, чтобы в выдвинутом положении уменьшить потери отходов драгметалла. Короб глубиной 50...70 мм изготавливается из огнеупорных, нержавеющих и немагнитных материалов, как правило, из нержавеющей стали. Столешница верстака должна быть покрыта огнеупорным материалом (как правило, пластиком), обеспечивающим ровную и гладкую поверхность. Контур верстака должен иметь бортик. Лицевая сторона верстака отделывается бортиком высотой 4...5 мм с разрывом в зоне финагеля (для сбора отходов), остальная часть периметра верстака может иметь бортик произвольной высоты, в зависимости от условий работы (как правило, 150 мм). Поверхность столешницы должна исключать наличие щелей и трещин, с этой целью контур соединения бортика и столешницы зашпаклеван. Подверстальные тумбы служат для хранения инструмента и приспособлений. Емкость их и количество выдвижных ящи-

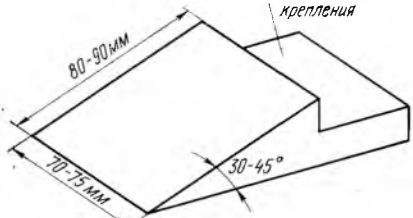



Рис. 33. Финагель

ков должны обеспечивать хранение всех личных инструментов. Комплектный стул должен быть устойчив и удобен по высоте, при наличии винтового устройства, регулирующего высоту стула, должны быть исключены люфтовые колебания. Ювелирный верстак обеспечивается светильником дневного освещения, прикрепленным стационарно. Гибкий шланг или подвижной кронштейн светильника должен обеспечивать вертикальное и угловое перемещение света в зоне финагеля, а также нормальное освещение всей поверхности верстака. При условии подводки центральной газовой магистрали ювелирный верстак обеспечивается двухканальным трубопроводом с регулировочными кранами для подключения к газопроводу и каналу сжатого воздуха, обеспечивающего давление. При отсутствии газовой магистрали используются индивидуальные газовые или бензиновые аппараты.

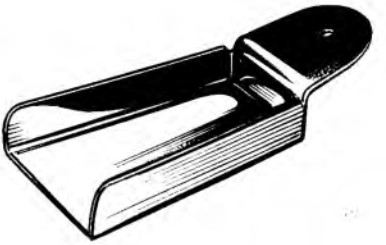


Рис. 34. Совочек для сбора отходов

Для хранения изделий, полуфабрикатов и отходов каждый ювелир имеет металлический ящичек (гофт) с закрывающейся крышкой и опломбировывающийся личной печатью перед сдачей его на хранение. Для сбора и хранения отходов (опилок, стружки, обрезков и т. д.) должна быть баночка с плотно закрывающейся (завинчивающейся) крышкой и по размерам свободно размещающаяся в гофте. Условием эффективной работы ювелира является размещение инструмента на рабочем месте. Во время работы на верстаке должен находиться только тот инструмент, который необходим для данной операции. Верстак не должен быть захламлен инструментами. Инструменты могут располагаться по обе стороны рабочей ячейки, а центральная часть верстака (в зоне финагеля) должна быть свободна для размещения деталей изделия. На верстаке под рукой всегда должна быть щетка для обметания инструмента и рук от опилок. Инструмент и руки обметают после каждой операции в короб для сбора отходов. Уборка рабочего места по окончании работы производится в следующем порядке. Изделия и детали из драгметаллов обметают щеткой и убирают в коробку для изделий. Инструменты обметают щеткой каждый в отдельности и убирают в отведенные для них места. Затем обметают всю верхнюю часть столешницы и отходы сметают в короб. После обметания рук щеткой приступают к сбору отходов из короба. С этой целью сметают отходы со всей поверхности короба в кучку и заметают их на специальный совочек (рис. 34), из которого высыпают в банку для сбора отходов. Этот прием повторяют 3—4 раза до максимально полного сбора отходов.

## 6.2. РАЗМЕТКА

Разметка в процессе изготовления ювелирных изделий применяется с целью подгонки деталей до определенного размера, подгонки форм деталей ювелирного изделия, а также для переноса рисунка и его размеров на заготовку. Правильная, грамотно выполненная, она во многом облегчает качественное изготовление ювелирного украшения. В большинстве случаев ювелирная разметка применяется для размещения мелких камней на «верхушке» изделия, а также переноса рисунка для последующего выпиливания или разделки. Разметка выполняется на листовом прокате маленьких размеров, что создает свои трудности.

Инструментом для выполнения разметки служат: чертилки, циркуль, штангенциркуль, металлическая масштабная линейка, кернер. Разметку мелких пластин удобней выполнять на разметочной плите (листе).

Чертилка представляет собой стержень с заостренным концом. Рабочий конец чертилки должен быть изготовлен из стали, закален и иметь угол заточки не более 20°. Сам стержень чертилки может быть сделан из любого материала (алюминия, пластмассы, дерева). Длина и диаметр стержня принимаются равными карандашу. Существуют чертилки с цанговым зажимом для рабочей иглы. Чертилка применяется для нанесения рисок на размечаемой поверхности как по линейке, угольнику, шаблону, так и от руки (см. рис. 37).

Разметочный циркуль (рис. 35) для мелкой разметки изготовляется из стали. Для развода ножек циркуля в средней части есть стопорный винт, который фиксирует расстояние между ножками. Нерабочие концы ножек соединены пружинным кольцом для удержания ножек в постоянном напряжении. Циркуль должен быть жестким, в рабочем состоянии не должен иметь люфтовых колебаний. Высота циркуля 75...100 мм, максимальное разведение ножек соответственно 50...80 мм. Рабочие концы циркуля затачиваются так, чтобы образовать режущий угол. Разметочный циркуль служит для переноса линейных размеров с масштабной линейки на заготовку, для деления линий на нужные отрезки, построения углов, нанесения окружностей и дуг и деления круга на необходимое число осей.

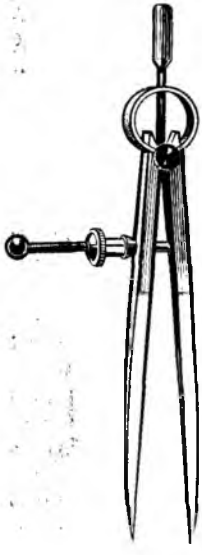


Рис. 35. Разметочный циркуль

Снятие размеров производят циркулем со штангенциркуля. Масштабная линейка должна быть стальной, длиной 100...150 мм, с гладким без зазубрин рабочим ребром и четкой делительной шкалой. Используется для проведения прямых рисок чертилкой и снятия размеров.

Кернер — круглый стержень с заостренным рабочим концом в конической его части. Угол заострения 45...60°. Другой (ударный) конец имеет слегка выпуклую поверхность. Изготовляется кернер из инструментальной стали и закаливается. Служит для нанесения углублений для сверления.

Автоматические (пружинные) кернеры (рис. 36), являясь наиболее удобным и производительным инструментом, все более вытесняют обычные.

Автоматический кернер предназначен для быстрого кернения простым нажатием на верхнюю часть. В корпусе механического кернера находятся: ударная пружина, стержень с кернером и ударник. Силу удара регулирует специальное устройство.

Плита для разметки ювелирных заготовок представляет собой ровный стальной (незакаленный) лист 150×150×2 мм. На каждой из сторон нанесены концентрические окружности и деление их осями на 8, 10, 12, 14 частей. Для центрирования заготовки одна из осей должна иметь делительную шкалу на 5 мм. Таким образом, обе разметочные плиты, каждая из которых имеет двустороннюю разметку, обеспечивают быстрое и безошибочное деление заготовки почти на любое число радиальных осей. Разметочная плита позволяет точно найти симметричные точки (за пределами заготовки) для опорной ножки циркуля, выполнить сопряжения, провести соединительные дуги при разметке симметричного рисунка. Для сцепления плиты с заготовкой поверхность плиты должна быть шероховатой.

Перед разметкой внимательно проверяют, нет ли у заготовки раковин, трещин, плен. После этого паяльным аппаратом или в муфельной печи заготовку отжигают, так чтобы поверхность ее равномерно окислилась — на темной поверхности разметочные риски более заметны. Посередине лицевой поверхности заготовки

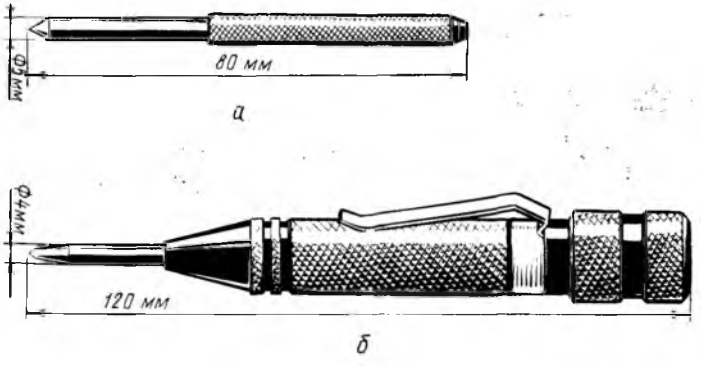



Рис. 36. Кернеры:
*а* — ударного типа (простой), *б* — автоматический (пружинный)

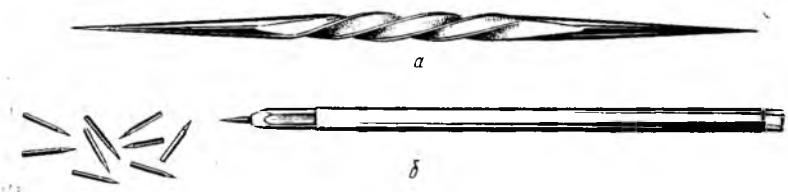



Рис. 37. Чертилки:
*а* — заточная, *б* — со сменными иглами

по линейке проводится продольная ось, которая будет служить базой разметки. Затем заготовку укладывают на разметочную плиту так, чтобы ось заготовки совпала с осью плиты, имеющей делительную шкалу. Это дает возможность быстро определить центр разметки. Имея на разметочной плите риски деления окружностей на необходимое число, легко находят их на заготовке. Затем с помощью циркуля ведут построение фигур или находят центры других окружностей. Центры окружностей на заготовке крепятся.

Процесс разметки основывается на делении прямых, построении некоторых геометрических фигур и радиальном делении окружностей, которые являются или конечной целью разметки, или базой для разметки сложных узоров и размещений. Построение фигур делается с учетом соблюдения центра разметки.

Для деления отрезка продольной оси пополам с проведением перпендикулярной оси (рис. 38) циркулем из точки *A* (конца продольной оси) радиусом, несколько большим половины длины отрезка, проводят дугу. Затем тем же радиусом из точки *B* (другого конца продольной оси) проводят другую дугу и через точки пересечения дуг *C* и *D* проводят прямую, которая будет служить поперечной осью и разделит продольную ось пополам. Точка пересечения осей *O* будет центром разметки. Дальнейшее деление прямой производят из центра раствором циркуля нужного размера, который определяется по делениям штангенциркуля или масштабной линейки.

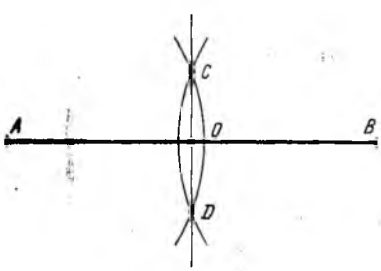



Рис. 38. Деление прямой на две равные части

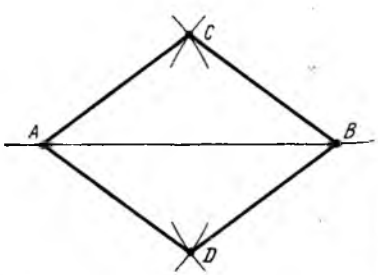



Рис. 39. Построение ромба

Построение ромба по диагонали и стороне производят аналогично делению прямой пополам перпендикулярной осью. Из точки $A$ (рис. 39) проводят дугу радиусом, равным стороне ромба, а после проведения такой же дуги из точки $B$ полученные точки $C$ и $D$ соединяют с точками $A$ и $B$.

Для построения ромба по двум диагоналям большую диагональ делят пополам перпендикулярной осью (малой диагональю), на которой от центра пересечения диагоналей откладывают отрезки, равные половине заданной малой диагонали.

Построение квадрата по диагонали проводят с помощью окружности, проведенной из центра пересечения перпендикулярных осей радиусом, равным половине диагонали. Точки пересечения осей с окружностью соединяют.

Построение квадрата по стороне производят следующим образом. Из центра пересечения перпендикулярных осей $O$ (рис. 40) на горизонтальной оси циркулем делают засечку радиусом, равным половине заданной стороны. Через полученную точку $K$ проводят прямую, перпендикулярную горизонтальной оси, на которой от точки $K$ откладывают отрезки $KA$ и $KB$, равные половине заданной стороны. Через точки $A$ и $B$ из центра разметки $O$ проводят окружность и через центр окружности $O$ из точек $A$ и $B$ проводят прямые до пересечения с окружностью в точках $C$ и $D$. Полученные точки $A$, $B$, $C$ и $D$ последовательно соединяют.

Соединив последовательно вершины квадрата с точками пересечения осей с окружностью получают восьмиугольник.

Для построения равностороннего треугольника (рис. 41) из точки пересечения перпендикулярных осей $O$ проводят окружность. Затем раствором циркуля, равным радиусу, из точки пересечения оси с окружностью $O_1$ делают на окружности засечки $A$ и $B$. Полученные на окружности точки $A$ и $B$ последовательно соединяют с точкой $C$ (точка на окружности, противоположная точке $O_1$).

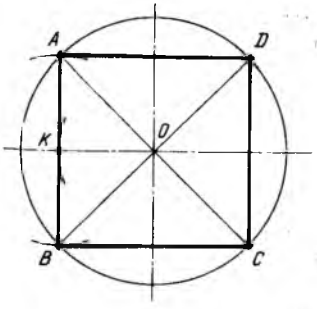



Рис. 40. Построение квадрата по стороне

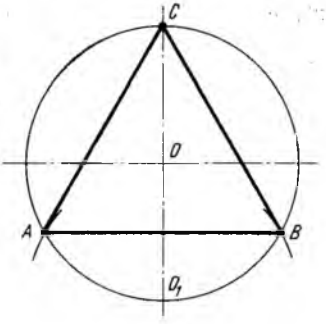



Рис. 41. Построение треугольника

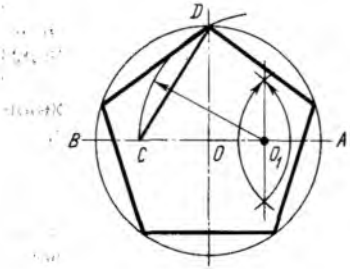



Рис. 42. Построение пятиугольника

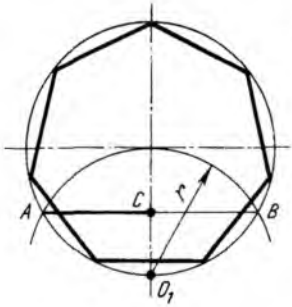



Рис. 43. Построение семиугольника

Шестиугольник строится в окружности, которая делится радиусом на шесть частей. Полученные на окружности точки последовательно соединяют.

Двенадцатиугольник строится аналогично шестиугольнику, но окружность делится на двенадцать частей.

Построение пятиугольника производится так. Радиус окружности $OA$ (рис. 42) делят пополам и из середины его (точки $O_1$) проводят дугу радиусом $OD$ до пересечения ее с диаметром $AB$ в точке $C$. Расстояние между точками $C$ и $D$ будет стороной пятиугольника, а отрезок $OC$ будет равен стороне десятиугольника.

Разделив окружность раствором циркуля, равным $CD$, получают пять засечек, которые последовательно соединяют между собой.

Для десятиугольника окружность делят раствором циркуля, равным $OC$.

При построении семиугольника (рис. 43), как и при построении треугольника, из точки $O_1$ описывают дугу раствором циркуля, равным радиусу, до пересечения с окружностью. Точки пересечения $A$ и $B$ соединяют, и отрезок $AC$ (половина прямой $AB$) будет стороной семиугольника.

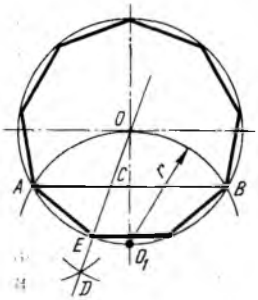



Рис. 44. Построение девятиугольника

Девятиугольник (рис. 44) строят подобно семиугольнику до получения отрезка $AC$. Затем из точек $A$ и $C$ раствором циркуля, равным $AC$, делают засечки до пересечения их в точке $D$. Точку $D$ соединяют с центром окружности $O$, а точку $E$, полученную при пересечении прямой $OD$ с окружностью, соединяют с точкой $A$. Отрезок $AE$ и будет стороной девятиугольника.

Деление окружности на 3, 4, 5, 6 и т. д. равных частей производят так же,

как построение многоугольников, вписанных в окружности. Точки на окружности, найденные для вершин многоугольников, соединяют с центром окружности. При делении окружности на четное количество равных частей оси будут проходить через центр окружности, соединяя две противоположные точки; при делении на нечетное количество частей образуются лучи, исходящие из центра круга через точки, найденные на окружности.

Таблица 13. **Коэффициенты для определения размера частей окружности**

| Количество частей | Число, умножаемое на радиус | Количество частей | Число, умножаемое на радиус |
|---|---|---|---|
| 3 | 1,7321 | 17 | 0,3676 |
| 4 | 1,4142 | 18 | 0,3473 |
| 5 | 1,1756 | 19 | 0,3292 |
| 6 | 1,0000 | 20 | 0,3129 |
| 7 | 0,8678 | 21 | 0,2980 |
| 8 | 0,7654 | 22 | 0,2845 |
| 9 | 0,6840 | 23 | 0,2723 |
| 10 | 0,6180 | 24 | 0,2611 |
| 11 | 0,5635 | 25 | 0,2507 |
| 12 | 0,5176 | 26 | 0,2411 |
| 13 | 0,4786 | 27 | 0,2321 |
| 14 | 0,4450 | 28 | 0,2240 |
| 15 | 0,4158 | 29 | 0,2162 |
| 16 | 0,3902 | 30 | 0,2091 |

Для облегчения разметки и при невозможности проведения на заготовке сложных построений пользуются коэффициентами, приведенными в табл. 13. В ней две графы. В одной указано количество частей, на которое нужно разделить окружность, в другой — число, на которое нужно умножить радиус окружности, чтобы получить размер части.

Овал с двумя осями симметрии может быть построен по заданной большой оси (рис. 45, *а*). Для этого прямую, равную заданной большой оси, делят пополам двумя одинаковыми окружностями, диаметры которых равны половине прямой. Затем, найдя центры на продолжении малой оси (перпендикуляр через середину большой оси), окружности сопрягают дугами.

По заданной большой и малой осям овал строится следующим образом (рис. 45, *б*). На перпендикулярные большую и малую оси наносят точки *A*, *B*, *C* и *D*, которые определяют заданные размеры осей. Затем из центра пересечения осей *O* радиусом *R*, равным половине большой оси, проводят дугу *AE*, соединяющую большую и малую оси. Расстояние *CE* на продолжении малой оси будет разницей между большой и малой полуосями. На прямой *AC* откладывают отрезок *CF*, равный *CE*, а оставшуюся прямую *AF* делят пополам перпендикулярной прямой. Перпендикуляр, проведенный через середину прямой *A*, пере-

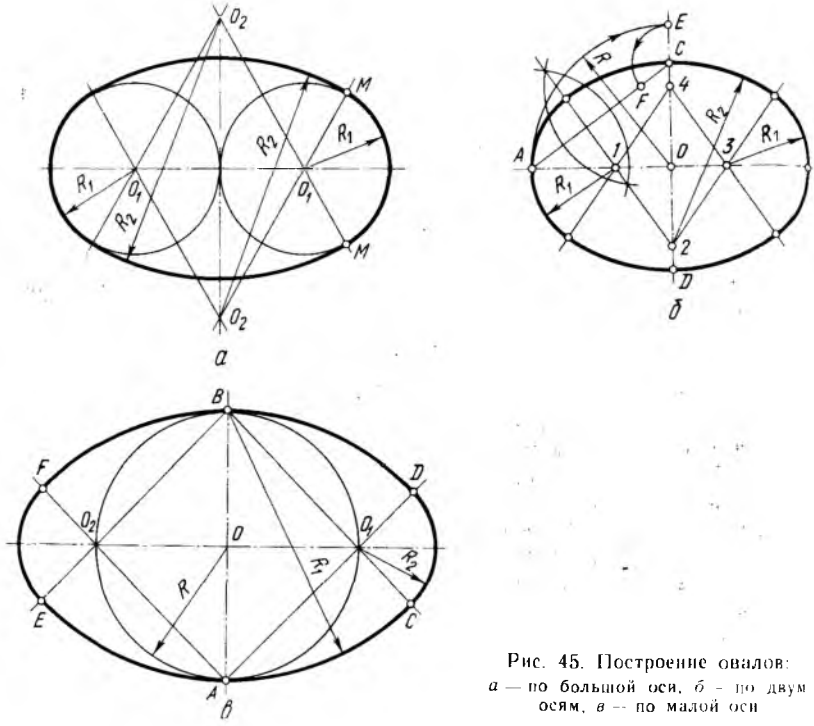



Рис. 45. Построение овалов:
*а* — по большой оси, *б* — по двум осям, *в* — по малой оси

секает большую ось в точке *1* и малую в точке *2*. На осях будущего овала находят точки *3* и *4*, симметричные точкам *1* и *2*. Найденные четыре точки будут центрами дуг, составляющих овал. Из точек *1* и *3* проводят дуги радиусом $R_1$, а из точек *2* и *4* — дуги радиусом $R_2$.

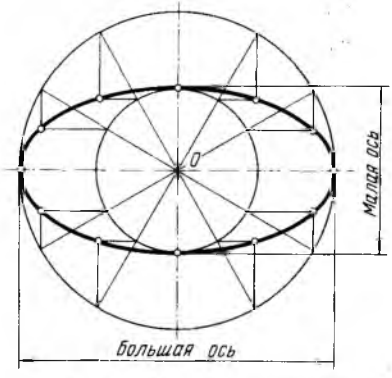



Рис. 46. Построение эллипса

Построение овала по заданной малой оси (рис. 45, *в*) производится с помощью окружности, проведенной из точки пересечения осей *O* радиусом, равным заданной малой оси. Точки пересечения окружности с малой осью *A* и *B* соединяют прямыми с точками пересечения окружности с большой осью $O_1$ и $O_2$. Затем, принимая за центр точки *A* и *B*, радиусом, равным диаметру окружности, проводят дуги до пересечения их с продолжениями прямых $AO_1$, $AO_2$, $BO_1$, $BO_2$ в точках *D*, *F*, *C*, *E*. Полу-

ченные дуги соединяются дугами $CD$ и $E$ из центров соответственно $O_1$ и $O_2$.

Эллипс отличается от овала тем, что всегда имеет две оси симметрии. Строят эллипс по заданным большой и малой осям (рис. 46). Из центра пересечения осей $O$ проводят две окружности: одну — радиусом, равным большой полуоси, другую — радиусом, равным малой полуоси. Окружности делят диаметрами на несколько равных частей (например, на 12). Из точек деления на большой окружности проводят вертикальные линии, а из точек деления на малой окружности — горизонтальные. Точки пересечения этих линий определяют точки эллипса. Чем больше точек деления окружностей, тем легче строить эллипс.

## 6.3. ПРАВКА

Правкой называют исправление искажений, полученных в процессе обработки металлов. Кроме различного вида заготовок правке подвергаются детали изделий и сами изделия. Заготовительный цикл предусматривает правку отдельных полуфабрикатов в процессе штамповки деталей ювелирных изделий, и в этом случае правка считается операцией штамповки. Во всех других случаях полуфабрикаты и изделия подвергаются ручной правке в процессе монтировки ювелирных изделий. Особенностью этой операции в отличие от слесарной являются малые размеры заготовок и драгоценность обрабатываемого металла, которому не только нужно придать определенную форму, но и сохранить качество поверхности заготовки. Этим объясняется то, что основным ударным инструментом являются текстолитовые молотки различных размеров и форм (рис. 47). Деревянные ручки текстолитовых молотков не отличаются от обычных металлических. Подкладочным инструментом служат стальные (каленые) правочные плиты (рис. 48) или плоскость шперака (рис. 49), рабочая поверхность которых должна быть хорошо прошлифована и оберегаться от забоин и глубоких царапин.

Правка листовой, ленточной заготовок производится на гладкой правочной плите (флахайзене) или на плоскости настольного шперака текстолитовым молотком. При большой толщине заготовок правку производят металлическим молотком с пришлифованным бойком. Прутковую заготовку правят на желобковой правочной плите в соответствующем по форме ручье, желательно текстолитовым молотком.

Правка длинных отрезков проволочной и трубчатой заготовок проходит совершенно иначе — как бы вытягиванием их. Один конец заготовки зажимают в настольных тисках, а за другой ее конец цицангами слегка вытягивают натянутую проволоку или трубку. Губки тисков должны иметь мелкую насечку, чтобы не перекусывать даже тонкую (0,2...0,3 мм) проволоку. Длинная толстостенная трубчатая заготовка правится вытяжкой на уста-

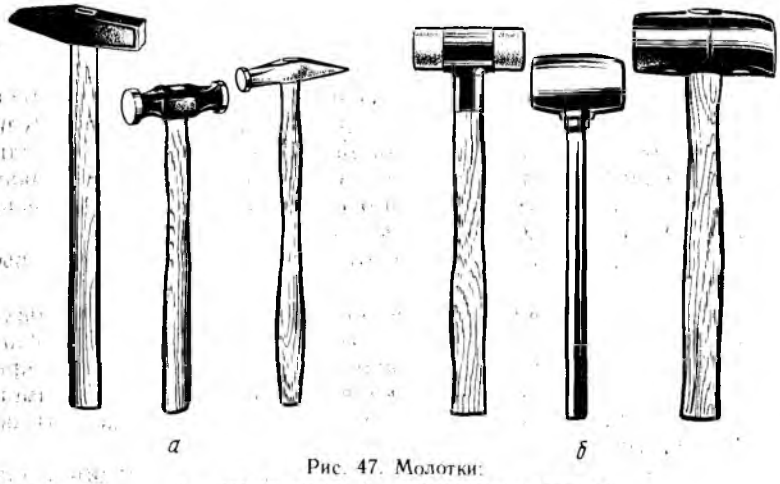



Рис. 47. Молотки:
*а* — металлические, *б* — текстолитовые (киянки)

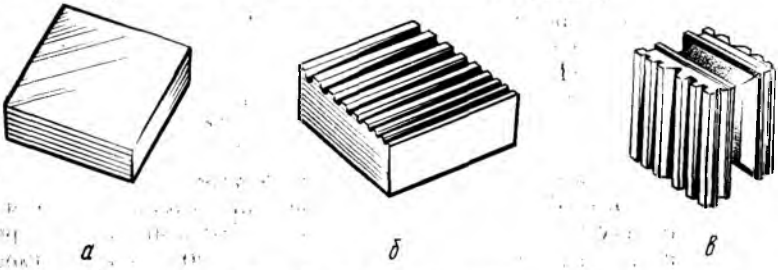



Рис. 48. Правочные плиты:
*а* — гладкая, *б*, *в* — желобковые

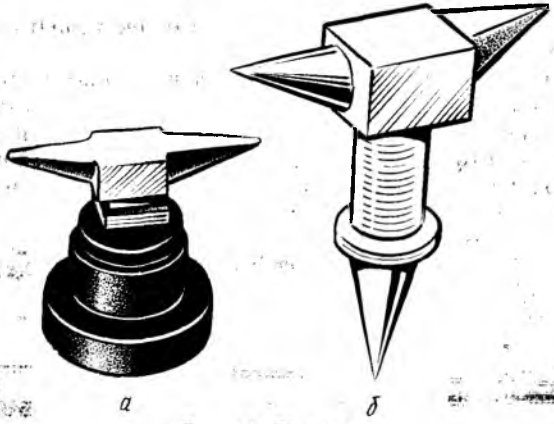



Рис. 49. Шпераки:
*а* — настольный, *б* — насадочный

новке с цепным натягом; такая же, но короткая заготовка — легкими ударами текстолитового молотка на желобковой плите или деревянной основе.

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

Аналогично правке плоских деталей проходит правка боковых сторон колец.

Для выравнивания с боков спаянной в кольцо заготовки, как и в предыдущем случае, пользуются пуансоном-«правкой», но в случаях, когда одновременно необходимо выправить и кривизну отверстия кольца, пользуются стальным шариком. Диаметр шарика должен обязательно превышать внутренний диаметр обрабатываемого полуфабриката.

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

Для придания кольцам правильной внутренней окружности их тоже подвергают правке. Правят кольца текстолитовым молотком на ригеле — стальном корпусе (рис. 50). Ригель имеет рабочую часть и ручку. Рабочая часть длиной 200...250 мм имеет вид усеченного конуса, малый диаметр которого 10...15 мм, большой — 20...24 мм. Длина ручки 80...100 мм, диаметр — 20...25 мм.

Для правки мелких кольцевых заготовок используют ригели меньших размеров.

Гладкие кольца, не имеющие напаек, правят равномерными ударами молотка по всей окружности, перемещая удары в сторону утолщения. После полного прилегания одной из сторон кольца к поверхности ригеля кольцо снимают, насаживают другой стороной и продолжают правку. Кольца, имеющие каст

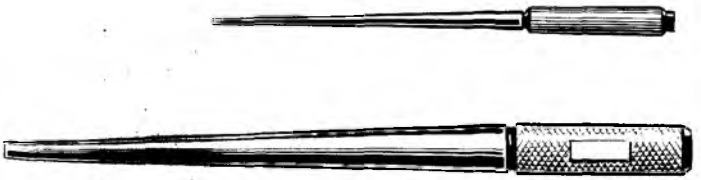


Рис. 50. Ригели

(оправу для камня), начинают править от каста в одну и другую сторону, сначала сверху, затем снизу. Во избежание перекосов все кольца правятся с обеих сторон.

До правки все заготовки обязательно отжигают, а иногда это делают и дополнительно в процессе правки.

## 6.4. ПАЙКА

Пайкой называют технологический процесс получения неразъемных соединений с помощью более легкоплавких металлических сплавов (припоев). Неразъемное соединение (спай) получается в результате взаимодействия расплавленного припоя с кромками основного металла. При этом припой внедряется между зернами основного металла и образует промежуточный слой (сплав припоя и основного металла). В результате диффузии (проникновения одного металла в другой) припоя с основным металлом припой может изменять свои свойства: цвет, пластичность, твердость. Диффузионное проникновение металлов зависит от режима пайки (температуры и времени нагрева).

Из всех видов пайки в ювелирном производстве применяют в основном газопламенную. В зависимости от условий пайку ведут газовыми или бензиновыми паяльными аппаратами. На предприятиях с централизованной подачей газов низкого давления используют двухканальные газовые горелки (пистолеты). Подача газа и давление воздуха регулируются кранами узлового штуцера (который соединен с горелкой резиновыми шлангами), тонкая регулировка пламени — кранами самой горелки.

В ювелирной практике применяется три типа газовых горелок: смесительного типа (при поступлении в мундштук горелки газовоздушной смеси); параллельной подачи газа и воздуха и инжекторного типа (при подаче газа под давлением). В горелках смесительного типа (рис. 51) газ и воздух подаются по отдельным трубкам, смешиваются внутри горелки и смесь подается в форсунку горелки. Оптимальные сечения выходных отверстий этой форсунки рассекателя 8 мм, жиклера — 2 мм.

В горелках с параллельной подачей (рис. 52) газ и воздух также поступают в горелку по разным трубкам и отдельно выводятся в форсунку. Оптимальные отверстия выходного потока форсунки для газа — 8 мм, воздуха — 0,9 мм. Давление (напор) пламени в таких горелках обеспечивает воздух. В горелках инжекторного типа (см. рис. 56) только один канал, по которому подается газ под давлением, обеспечивающим необходимый напор пламени. Воздух, необходимый для сгорания газа, засасывается в камеру разрежением через отверстия диафрагмы, и смесь подается в форсунку. Жиклер инжекторной горелки 0,12... 0,15 мм. В мастерских, не имеющих городского газоснабжения и не оборудованных централизованным снабжением баллонным газом, применяют индивидуальные газовые или бензиновые аппараты. Для газовых аппаратов с принудительной (рис. 53) подачей

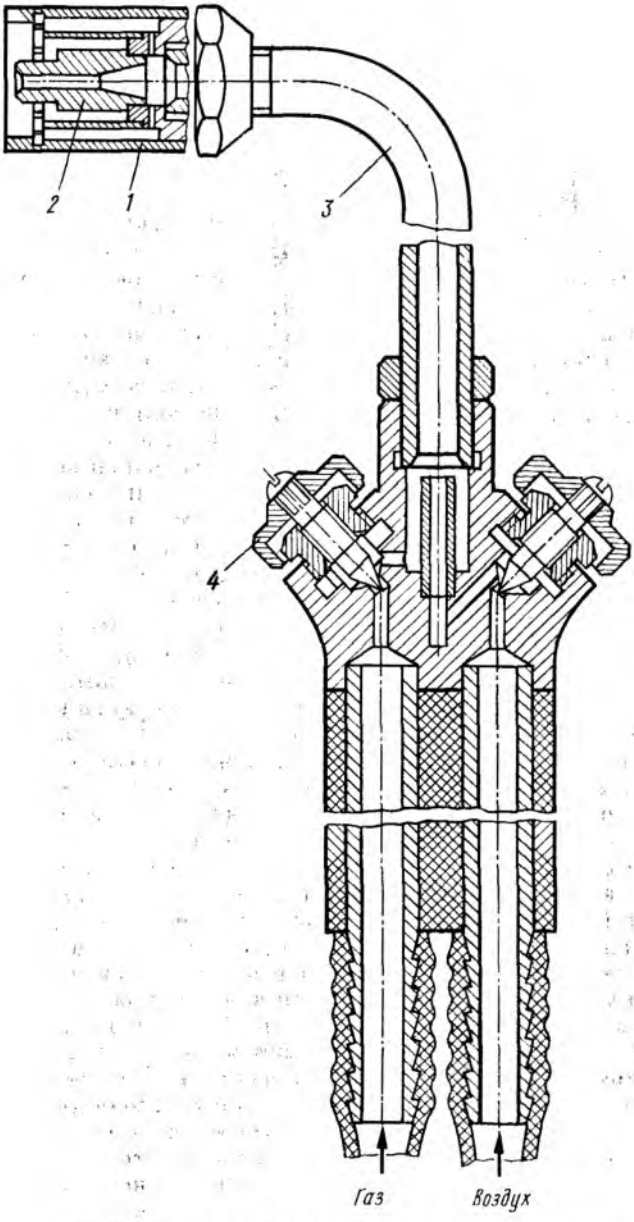



Рис. 51. Схема газовой горелки смесительного типа:
*1* — жиклер, *2* — рассекатель, *3* — трубка подачи смеси, *4* — кран

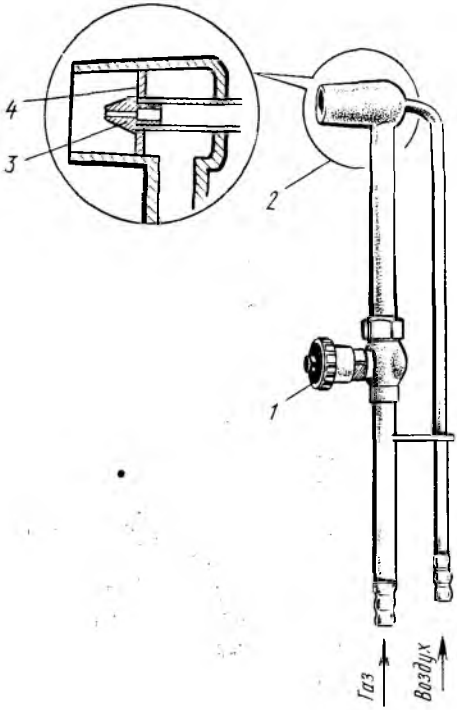



Рис. 52. Газовая горелка параллельной подачи газа и воздуха:

*1* — кран, *2* — форсунка, *3* — жиклер, *4* — рассекатель

воздуха используют бытовые газовые баллоны с редуктором и регулировочным краном, обеспечивающим низкое давление газа. Воздух подается компрессором или мехами под давлением, необходимым для напора пламени. Для устранения пульсации пламени воздух пропускают через ресивер (сосуд емкостью 5...10 л). Все соединения этого аппарата могут быть обеспечены гибкими резиновыми шлангами. Допускается использовать любые двухканальные горелки.

К газовым аппаратам без подачи воздуха подходят такие же бытовые газовые баллоны с краном для регулировки давления, необходимого для напора пламени и инжекторные одноканальные горелки. Соединение баллона с горелкой обеспечивают гибким шлангом высокого давления с надежным соединительным креплением на штуцерах. Все перечисленные газовые горелки обеспечивают температуру нагрева в пределах 1100 °С. Более высоким температурным режимом (до 1300 °С) обладает бензиновый паяльный аппарат (рис. 54), состоящий из мехов для подачи воздуха, бачка для бензина (газообразователя) и горелки (рис. 55). Оптимальные отверстия форсунки для выходного потока смеси — 10 мм, жиклера 0,5 мм. Принцип действия бензоаппарата в следующем: в бачке с бензином под действием давления воздуха, создаваемого мехами, образуются пары бензина и подаются в горелку. Штуцер газообразователя имеет два канала — входной и выходной, которые категорически нельзя путать, подсоединяя шланги. В случае изменения направления подачи воздуха неизбежен выплеск горящей жидкости из горелки. Бензиновый паяльный аппарат работает на высококачественном бензине, который заливают ниже уровня заливного отверстия.

В качестве огнеупорной основы при пайке используют листовой асбест (асбестовый картон). Стандартные листы асбеста

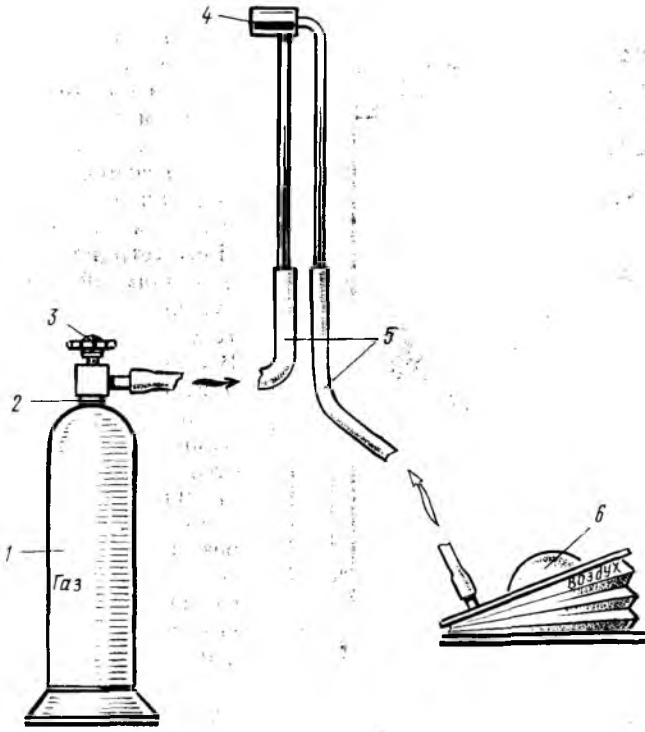



Рис. 53. Принципиальная схема индивидуального газового аппарата с принудительной подачей воздуха:

*1* — газовый баллон, *2* — прокладка, *3* — игольчатый кран, *4* — горелка, *5* — резиновые шланги, *6* — принудительная подача воздуха

толщиной 5...8 мм пригодны в качестве подкладочного материала.

Для удобства пайки используют различные настольные приспособления, покрытые асбестом, — ле́ткалы (рис. 57). Наиболее распространенный леткал представляет собой деревянный брусок высотой 15...20 мм, на который набивается 1...2 слоя листового асбеста. «Сыпучие» края асбеста увлажняют и приглаживают, чтобы асбест не засорял драгоценные опилки. Используют леткал до тех пор, пока поверхность асбеста остается ровной. Затем, когда асбест в результате пропитывания флюсом становится бугристым и непористым, асбестовый слой меняют. Площадь леткалов выбирают произвольно в зависимости от характера работ и размеров изделий (деталей), которые необходимо уложить для пайки. Для удержания изделий в вертикальном положении пользуются специальными зажимами

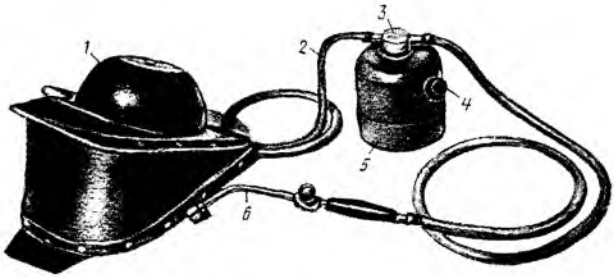



Рис. 54. Бензиновый паяльный аппарат:
*1* меха, *2* — резиновый соединительный шланг, *3* - штуцер, *4* — заливное отверстие, *5* - бачок, *6* — горелка

(рис. 58). Простейшие проволочные зажимы изготовляют из 1,5...2-миллиметровой стальной проволоки, лучше нихромовой (никелехромовая сталь) прямо на леткале. При изготовлении изделий партиями удобно иметь леткал с множеством проволочных зажимов для проведения данной операции на большом количестве изделий. Если на изделии за один прием есть возможность провести несколько паек с разных сторон, то пользуются вращающимся леткалом.

В качестве инструмента во время подготовки изделия к пайке, офлюсовывания, переноса изделий и укладки (установки) на леткале пользуются пружинными стальными пинцетами длиной 120...160 мм. В процессе серийной пайки пинцетом удерживают припой (ленточный или проволочный) в момент пайки.

Припоями называют легкоплавкие металлические сплавы, с помощью которых получают неразъемные соединения. По общетехнической терминологии припои классифицируют по температурному режиму на особолегкоплавкие (до 145 °С); легкоплавкие (145...450 °С); среднеплавкие (450...1100 °С); высокоплавкие (1100...1850 °С); тугоплавкие (свыше 1850 °С). Ювелирная терминология определения припоев учитывает только газопламенную пайку (исключая контактную) и делит припои на мягкие, средние и твердые, имея в виду — легкоплавкие, среднеплавкие и тугоплавкие в диапазоне 650...1100 °С. Припои, используемые для пайки ювелирных украшений, маркируются и учитываются, как и все драгоценные сплавы, по процентному содержанию в них драгоценного металла. Деление припоев на мягкие, средние и твердые весьма условно, для серебряных и золотых сплавов будут разные температурные режимы мягких и твердых припоев. Мягкими припои называют в тех случаях, когда температура плавления припоев значительно ниже температуры плавления основных (спаиваемых) металлов. Припои, температура

плавления которых близка к температуре плавления основных металлов, называют твердыми. Все остальные — средние.

Характеристика припоев кроме процентного содержания драгоценного металла и температуры плавления может быть выражена понятиями — цвет, текучесть, пластичность, прочность. Цветовая характеристика припоя в большей степени относится к золотому, цвет которого должен быть максимально приближен к основному сплаву. Текучесть припоя — это его способность в расплавленном состоянии растекаться по поверхности (по шву). Пластичность припоя — возможность деформации паяного шва. Прочность — возможность паяного шва выдерживать нагрузки на разрыв. От правильного выбора припоя во многом зависит качество будущего изделия и трудоемкость дальнейшей работы над ним. При выборе припоя учитываются массы спаиваемых деталей, величина зазора, текучесть, температура плавления и цвет припоя. В золотых изделиях проба припоя должна максимально соответствовать пробе основного металла, чтобы готовое изделие со всеми пайками не превысило разницу в 0,5 % относительно заявленной пробы изделия.

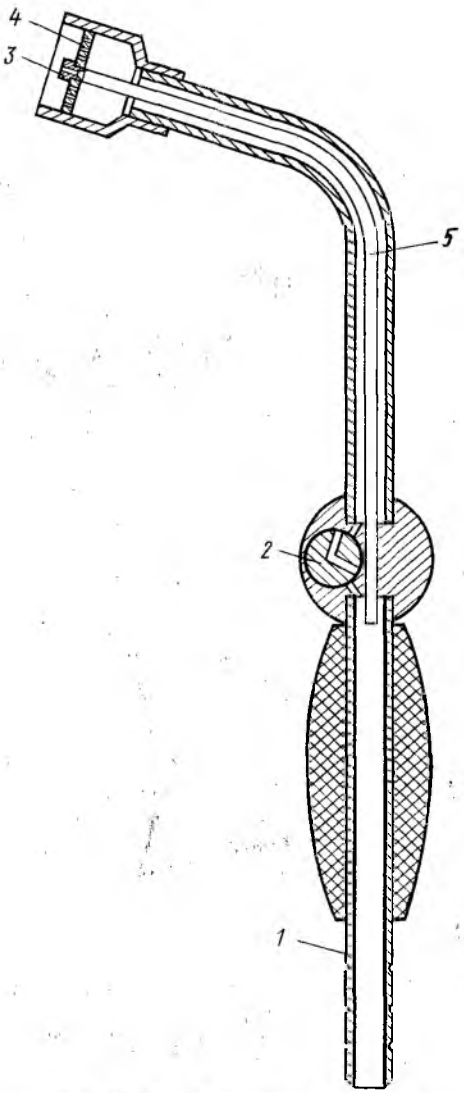


Рис. 55. Схема бензиновой горелки:
1 — трубка подачи смеси, 2 — кран, 3 — жиклер, 4 — рассекатель, 5 — стабилизатор пламени

Необходимая характеристика золотых припоев для каждой пробы достигается процентным содержанием и соотношением

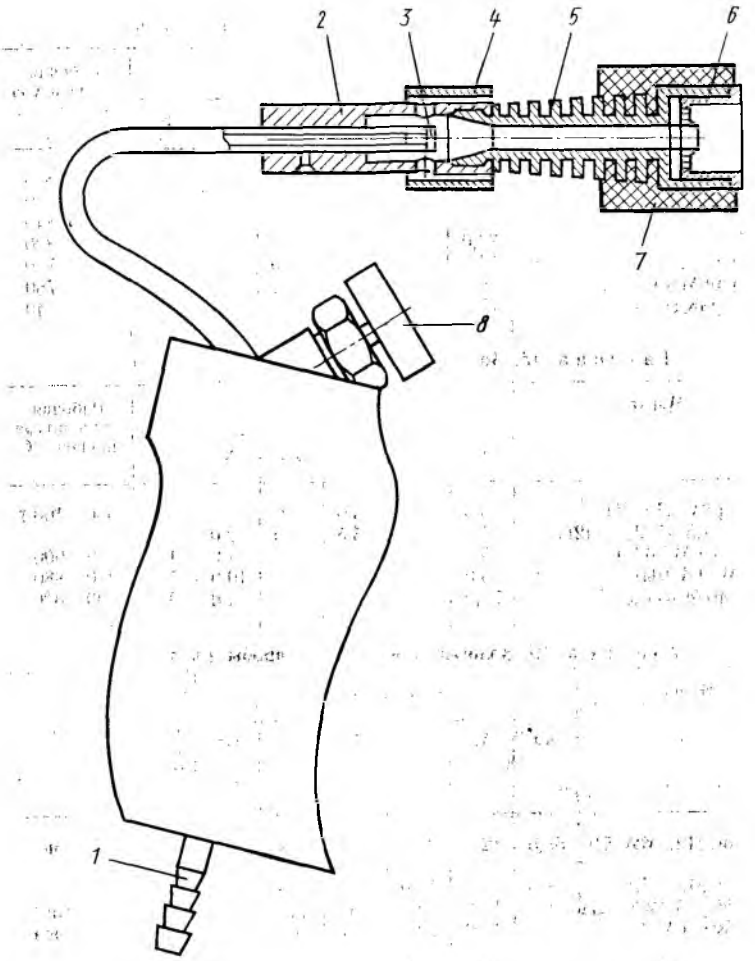



Рис. 56. Схема инжекторной газовой горелки:

*1* — трубка подачи газа, *2* — корпус, *3* — жиклер, *4* — регулятор эжекции, *5* — стабилизатор пламени, *6* — рассекатель, *7* — теплоизоляционная обмазка

легирующих компонентов. Например, белый цвет припоя достигается содержанием палладия, никеля и цинка; легкоплавкость и текучесть — содержанием и соотношением кадмия и цинка и т. д. Цвет золотых припоев делят на желтый и белый (табл. 14..20). Желтый припой — вся гамма желтых оттенков от красновато-желтых до зеленовато-желтых. Белый припой — цвета белого золота — применяют для пайки изделий белого цвета и из платины.

Таблица 14. **Золотые припои 750-й пробы** (желтые)

| Марка | Компоненты, % | | | | | | Рабочая температура припоя, °С |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Cd | Zn | Sn | |
| ПЗл75Ср15М7,35Ц | 75,0 | 15,0 | 7,35 | — | 2,65 | — | 840—860 |
| ПЗл75Ср13М9Ц3Кд | 75,0 | 13,0 | 9,0 | — | 3,0 | — | 840—860 |
| ПЗл75Ср14М8Ц3Кд | 75,0 | 14,0 | 8,0 | — | 3,0 | — | 820—840 |
| ПЗл75Ср9,5М9,5Ц40 | 75,0 | 9,5 | 9,5 | — | 4,0 | 2,0 | 800—820 |
| ПЗл75Ср5М14Кд5Ц | 75,0 | 5,0 | 14,0 | 5,0 | 1,0 | — | 750—770 |
| ПЗл75Ср6М10Кд7Ц | 75,0 | 6,0 | 10,0 | 7,0 | 2,0 | — | 740—760 |
| ПЗл75Ср3Кд12М | 75,0 | 3,0 | 10,0 | 12,0 | — | — | 720—740 |

Таблица 15. **Золотые припои 750-й пробы** (белые)

| Марка | Компоненты, % | | | | | | Рабочая температура припоя, °С |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Pd | Ni | Zn | |
| ПЗл75Ср8М5Пд10Ц | 75,0 | 8,0 | 5,0 | 10,0 | — | 2,0 | 900—1000 |
| ПЗл75Ср7,5М5,5Пд5Н2Ц | 75,0 | 7,5 | 5,5 | 5,0 | 2,0 | 5,0 | |
| ПЗл75Ср10М7М4Ц | 75,0 | 10,0 | 7,0 | — | 4,0 | 4,0 | 860—900 |
| ПЗл75М10М10Ц | 75,0 | — | 10,0 | — | 10,0 | 5,0 | 840—880 |
| ПЗл75Ср7М6Н4Ц | 75,0 | 7,0 | 6,0 | — | 4,0 | 8,0 | 780—820 |

Таблица 16. **Золотые припои 585-й пробы** (желтые)

| Марка | Компоненты, % | | | | | | Рабочая температура, °С | Цвет |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Cd | Zn | Ga | | |
| ПЗл58,5Ср12,5М20,5Ц | 58,5 | 12,5 | 20,5 | — | 8,5 | — | 850 | Красноватый |
| ПЗл58,5Ср12,5М26Ц | 58,5 | 12,5 | 26,0 | — | 3,0 | — | 820 | » |
| ПЗл58,5Ср15М22Кд2Ц | 58,5 | 15,0 | 22,0 | 2,0 | 2,5 | — | 800 | Желтый |
| ПЗл58,5Ср16М20,5Кд2Ц | 58,5 | 16,0 | 20,5 | 2,0 | 3,0 | — | 780 | Красноватый |
| ПЗл58,5Ср22М14,5Г | 58,5 | 22,0 | 14,5 | — | — | 5,0 | | Зеленоватый |

Таблица 17. **Золотые припои 585-й пробы** (белые)

| Марка | Компоненты, % | | | | | | Рабочая температура, °С |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Pd | Ni | Zn | |
| ПЗл58,5Ср26М7,4Пд6Ц | 58,5 | 26,0 | 7,4 | 6,0 | — | 2,1 | 860 |
| ПЗл58,5Ср10М14,5М10Ц | 58,5 | 10,0 | 14,5 | — | 10,0 | 7,0 | 840 |
| ПЗл58,5Ср11,5М14М8Ц | 58,5 | 11,5 | 14,0 | — | 8,0 | 8,0 | 760 |
| ПЗл58,5Ср14,5М11М8Ц | 58,5 | 14,5 | 11,0 | — | 8,0 | 8,0 | 740 |

Таблица 18. **Золотые припои 583-й пробы** (желтые)

| Марка | Компоненты, % | | | | | Рабочая температура, °С | Цвет |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Cd | Zn | | |
| ПЗл58,3Ср11М27Ц | 58,3 | 11,0 | 27,0 | — | 3,7 | 840—860 | Красноватый |
| ПЗл58,3Ср19М18Кд3Ц | 58,3 | 19,0 | 18,0 | 3,0 | 1,7 | 840—860 | Желтый |
| ПЗл58,3Ср16М21Ц | 58,3 | 16,0 | 21,0 | — | 4,7 | 820—840 | Красноватый |
| ПЗл58,3Ср18М15Кд | 58,3 | 18,0 | 15,0 | 6,7 | — | 820—840 | Желтый |
| ПЗл58,3Ср18М15Кд | 58,3 | 18,0 | 15,0 | 8,7 | — | 800—820 | » |
| ПЗл58,3Ср12М21Ц | 58,3 | 12,0 | 21,0 | — | 8,7 | 800—820 | » |
| ПЗл58,3Ср13М18Кд | 58,3 | 13,0 | 18,0 | 10,7 | — | 800—820 | Красноватый |
| ПЗл58,3Ср10М23Кд | 58,3 | 10,0 | 23,0 | 8,7 | — | 800—820 | » |
| ПЗл58,3Ср11М19Кд | 58,3 | 11,0 | 19,0 | 11,7 | — | 780—800 | » |
| ПЗл58,3Ср11М18Кд10Ц | 58,3 | 11,0 | 18,0 | 10,0 | 2,7 | 760—780 | Желтый |
| ПЗл58,3Ср13М13Кд10Ц | 58,3 | 13,0 | 13,0 | 10,0 | 5,7 | 740—760 | Зеленоватый |

Таблица 19. **Золотые припои 583-й пробы** (белые)

| Марка | Компоненты, % | | | | | | Рабочая температура, °С |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Au | Ag | Cu | Pd | Ni | Zn | |
| ПЗл58,3Ср25Пд10М4Ц | 58,3 | 25,0 | 4,0 | 10,0 | — | 2,7 | 880 |
| ПЗл58,3Ср26,2М7,5Пд6Ц | 58,3 | 26,2 | 7,5 | 6,0 | | 2,1 | 860 |
| ПЗл58,3Ср10М14,8Н10Ц | 58,3 | 10,0 | 14,8 | — | 10,0 | 7,0 | 840 |
| ПЗл58,3Ср15М11Н8Ц | 58,3 | 15,0 | 11,0 | — | 8,0 | 7,7 | 840 |
| ПЗл58,3Ср11,7М14Н8Ц | 58,3 | 11,7 | 14,0 | — | 8,0 | 8,0 | 760 |
| ПЗл58,3Ср14,7М11Н8Ц | 58,3 | 14,7 | 11,0 | — | 8,0 | 8,0 | 740 |

Таблица 20. **Золотые припои низкопробные** (желтые)

| Марка | Проба | Компоненты, % | | | | | Рабочая температура припоя, °С |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Au | Ag | Cu | Cd | Zn | |
| ПЗл50Ср25М19Ц | 500 | 50,0 | 25,0 | 19,0 | — | 6,0 | 780—800 |
| ПЗл50Ср20М20Кд | 500 | 50,0 | 20,0 | 20,0 | 10,0 | — | 760—780 |
| ПЗл50Ср25М16Кд7Ц | 500 | 50,0 | 25,0 | 16,0 | 7,0 | 2,0 | 720—740 |
| ПЗл37,5Ср28М3Ц | 375 | 37,5 | 28,0 | 30,0 | — | 4,5 | 780—800 |

В отличие от золотых серебряные припои одного цвета — белого с незначительной разницей в оттенках. Содержание серебра в сплавах (припоях) делит припои на серебряные и серебросодержащие. Припои с содержанием серебра ниже 35 %

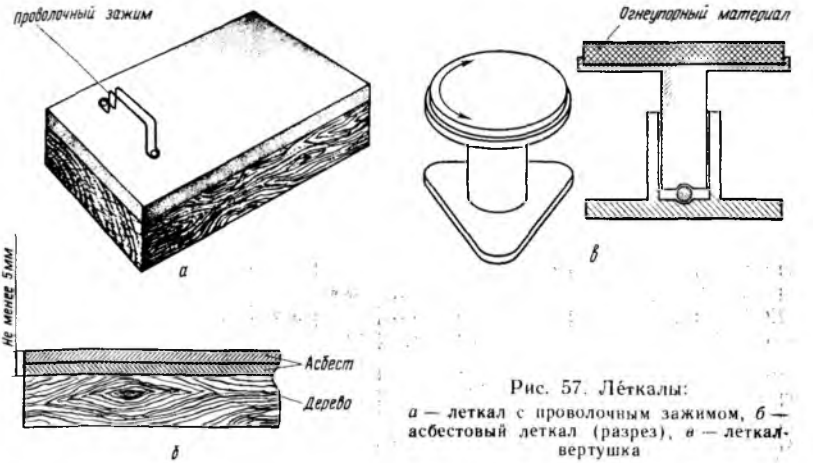



Рис. 57. Лёткалы:
*а* — леткал с проволочным зажимом, *б* — асбестовый леткал (разрез), *в* — леткал-вертушка

считают серебросодержащими. При выборе серебряных припоев в ювелирной практике ориентируются не только на его характеристику, но и на количество припоя, используемое при изготовлении изделия. В серебряных изделиях припой всегда занижен относительно пробы основного сплава, и от количества мест пайки (или площади пайки) зависит, насколько «упадет» проба всего изделия в среднем. Допустимые пределы в серебряном изделии — 15 проб (для филигранных — 20 проб). Основой ювелирных серебряных припоев является серебро — медь. Процентное содержание серебра и температура плавления в припоях регули-

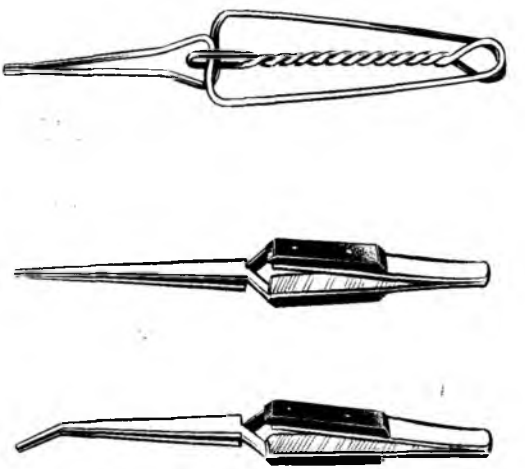


Рис. 58. Зажимные пинцеты

руются медью; легкоплавкость и текучесть — цинком и кадмием. Ювелирные серебряные припои обладают высокой пластичностью, прочностью и хорошей текучестью. Температура плавления их находится в пределах 625...860 °С.

В табл. 21 приводится часть стандартных (по ГОСТ 19738—74) серебряных припоев, наиболее употребимых в ювелирной практике. Самыми «ходовыми» припоями при изготовлении серебряных ювелирных украшений считают ПСр72 и ПСр70.

Таблица 21. **Серебряные припои**

| Марка | Компоненты, % | | | | | Рабочая температура плавления, °С |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ag | Cu | Zn | Cd | Sn | |
| ПСр72М | 72,0 | 28,0 | — | — | — | 779—779 |
| ПСр70М26Ц | 70,0 | 26,0 | 4,0 | — | — | 715—770 |
| ПСр70М22,4Ц | 70,0 | 22,4 | 7,6 | — | — | |
| ПСр70М18,10,5Ц | 70,0 | 18,0 | 10,5 | — | 1,5 | |
| ПСр65М20Ц | 65,0 | 20,0 | 15,0 | — | — | 695—722 |
| ПСр58,3М29Ц | 58,3 | 29,0 | 12,7 | — | — | |
| ПСр50М | 50,0 | 50,0 | — | — | | |
| ПСр50Кд18М16Ц | 50,0 | 16,0 | 16,0 | 18,0 | | 625—640 |
| ПСр45М30Ц | 45,0 | 30,0 | 25,0 | — | | 665—730 |

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

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

Жидкий флюс хорошо смачивает поверхность изделия при температуре не ниже комнатной (18...30 °С). Если поверхность изделия излишне зажирена, после прогрева его смачивают вторично. Посуду для жидкого флюса лучше использовать алюминиевую или из нержавеющей стали, размеры которой зависят от характера (размеров изделий).

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

Так же как изделия, перед пайкой офлюсовываются и припои. Для пайки серебряных изделий в качестве флюса используют насыщенный раствор буры. Насыщенный раствор буры представляет собой жидкую кашицу, степень густоты которой поддерживают доливанием воды. Флюс готовят следующим образом. В сосуд (бурошницу) с порошкообразной бурой наливают воду так, чтобы она покрыла порошок. Затем бурошницу нагревают до полного растворения буры и охлаждают. Охлаждаясь, раствор кристаллизуется, его тщательно перетирают плоской ступкой и заливают водой до образования жидкой кашицы. Избыток воды не страшен, так как раствор довольно быстро расслаивается, выделяя в верхнем слое воду, которую можно слить до необходимого уровня. Степень густоты данного флюса различна — от густой (сметанообразной) до жидкой эмульсии, зависит от характера работы, необходимое состояние флюса регулируется водой. При другом способе приготовления этого же флюса растворенную в воде буру охлаждают до температуры 50...60 °С и быстро помешивают стеклянной палочкой — раствор мутнеет и превращается в кашицу. При избытке воды бура выпадает в осадок. Слив лишнюю воду, получают флюс необходимой консистенции. Этот флюс применяют для местного офлюсовывания, нанося кисточкой на место пайки. Посуду под флюс лучше использовать низкую, небольшой емкости, фарфоровую или стеклянную (огнеупорную). Сохраняют флюс под слоем воды, а перед использованием его лишнюю воду сливают.

Флюсы будут хорошо «работать» только тогда, когда совпадают их температурные режимы, т. е. температура плавления флюса должна быть ниже начала окисления поверхности сплава и иметь хорошую смачиваемость. Смачиваемость флюсов — это способность растекаться в нагретом состоянии, покрывая поверхность металла тонким слоем глазури.

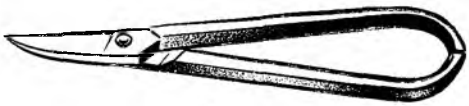
В случаях, когда пайка затруднена по различным причинам — сплав окисляется при температуре ниже 600 °С; оксид плохо растворяется флюсом; недостаточная смачиваемость флюсом и т. д., применяют более активный флюс ПВ 209. Его состав (%): борный ангидрит — 35; фтористый калий — 42; тетраборат калия — 23.

Флюс действует в широком интервале температур 500...900 °С, что позволяет охватить различные серебряные и золотые сплавы. Разводят его водой или глицерином до состояния кашицы и применяют для местного офлюсовывания.

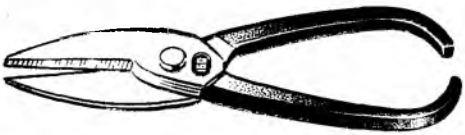
Подготовка изделия к пайке заключается в подгонке (при-

пасовке) деталей друг к другу. Спаиваемые поверхности должны быть параллельно припилены и плотно состыкованы. Стыковка паяемых площадей может быть обеспечена пружинистостью деталей, плотным наложением деталей, стяжкой с помощью вязальной проволоки, зажимными пинцетами и т. д. Зазор между стыками должен быть плотным настолько, насколько ему позволяет шероховатость припиленных площадей. Если величина зазора будет больше 0,1 или меньше 0,025 мм (соответствует стыку полированных площадей), то прочность спая будет недостаточной.

Припой прокатывается до толщины 0,2...0,3 мм и нарезается необходимыми порциями (партинками). При серийной пайке изделий, не требующей точной дозы, нарезается ленточками (палочками). Припой может быть заготовлен в проволоке удобного для пайки сечения. Для подготовки припоя используют специальные ножницы по металлу (рис. 59). Подготовленное изделие офлюсовывают и размещают на леткале. Затем пламенем горелки изделие нагревают до высыхания флюса и влажной кисточкой наносят партинку на место пайки. Вместо кисточки для этой цели можно использовать нихромовую, вольфрамовую или титановую иглу. Для переноса припоя на место пайки иглу также смачивают водой. Изделие равномерно нагревается до температуры, близкой к температуре плавления припоя, затем продолжают нагрев места спая до момента растекания припоя. Пайка должна быть как можно короче по времени. Перегрев отрицательно влияет на металл, а также может увеличить зазор стыка, излишне оплавить края стыкового соединения, металл может вспузыриться, образовав поры, и сделать пайку непригодной. При пайке припоем, заготовленным в виде ленточки или отрезка проволоки, изделие прогревают до температуры расплавления припоя, затем зажатый в пинцете припой подносят к месту пайки и отсекают (расплавляют) на спай необходимую дозу.



*а*



*б*

Рис. 59. Ножницы по металлу:
*а* — для припоя, *б* — для проката и других заготовок

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

## 6.5. ОТБЕЛИВАНИЕ

Отбеливание металлов — это процесс травления окисленного поверхностного слоя и удаления остатков флюса. В процессе отжига поверхность ювелирных изделий и их полуфабрикатов покрывается оксидами металлов, а в процессе пайки и расплавленным флюсом с растворенными в нем оксидами. Для удаления оксидов и флюса применяют кислотные растворы — отбелы, состав и концентрация которых зависят от сплава, подлежащего отбеливанию. На время отбеливания изделий влияют температура и концентрация отбелов.

Отбеливающие растворы помещают в ванночки из огнеупорного стекла, фарфора. Ванночки устанавливают на нагревательные приборы, оборудованные защитным кислотоупорным кожухом, а нагревательные приборы размещают в вытяжных шкафах для обеспечения безопасности работы с отбелами.

Отбеливание изделий или деталей ювелирных изделий сопровождается обязательной их промывкой и сушкой, поэтому частью отбеливающего оснащения является промывочный бак (с проточной водой) и сушильный шкаф.

Отбеливающие растворы тщательно охраняют от загрязнения и попадания в них инородных металлов, способных испортить отбел и вызвать налет на отбеливающихся изделиях. Категорически запрещается пользоваться для извлечения изделий из отбела стальными пинцетами или погружать в отбел изделия, связанные стальной проволокой. Для отбеливания в растворе и промывки изделий пользуются специальным сетчатым ковшом, изготовленным из кислотоупорного пластика. Для единичных изделий можно использовать титановые или медные пинцеты, а также проволоку из этих материалов.

Изделия из золотых сплавов отбеливают в соляном или

серном отбелах. Чаще используют соляной отбел, он активнее растворяет остатки оплавленной буры.

Соляный отбел — это 10 %-ный раствор соляной кислоты. Рабочая температура раствора 60...80 °С, продолжительность отбеливания до 3 мин в зависимости от степени окисления и образования остаточного флюса. Хорошо офлюсованные и выдержанные в режиме пайки изделия отбеливаются до блестящего состояния без матового зеленоватого налета. В тех местах, где изделие не имело достаточной смачиваемости флюсом или из-за нарушения температурного режима (по температуре или времени нагрева) флюс достиг состояния разложения, при отбеливании появляется зеленоватый налет, который требует потом дополнительной обработки. Серный отбел — 10...15 %-ный раствор серной кислоты. Рабочая температура раствора 60...80 °С, продолжительность отбеливания до 80 мин. Серный отбел менее активен, но окисленная поверхность изделий после отбеливания менее плотная и по цвету ближе к естественному цвету сплава. Его чаще применяют для низкопробных сплавов золота, однако золотые изделия могут покрываться бурым налетом, который смывают с помощью щетки в теплой воде.

Серебряные изделия отбеливают в серном 10 %-ном растворе при температуре 60...80 °С. Время отбеливания до 5 мин 15 %-ным соляным отбелом также отбеливают серебряные сплавы при температуре 40 °С в медной посуде или в присутствии меди.

В тех случаях, когда нельзя использовать кислотный отбел, например для изделий с эмалью, пользуются 10 %-ным водным раствором сернокислого кислого калия при температуре 60 °С.

Остывшие после пайки изделия погружают в отбел и после полного растворения остатков флюса и просветления окисленной поверхности изделия промывают в бачке с проточной водой. Сушат изделия при температуре 100 °С в медной или нержавеющей посуде до полного испарения влаги. Сушка изделий в посуде и промывка в бачке с отстойником связана с сохранением драгоценных металлов, которые в виде опилок оседают в полостях, пазухах и щелях изделий и осыпаются в процессе травления, промывки и сушки.

Все отбеливающие растворы обладают разъедающими свойствами, поэтому необходимо избегать попадания растворов на кожу и одежду.

## 6.6. ОПИЛИВАНИЕ

Опиливанием называется обработка поверхности металла режущим инструментом — напильником, с помощью которого снимается слой металла. Опиливание — одна из основных операций, которая применяется на протяжении всего процесса изготовления ювелирных изделий. Полуфабрикаты и ювелирные изделия опиливают для придания формы, выравнивания поверхности, выпиливания рельефа, для чистовой обработки форм и т. д.

Все виды ювелирного опиливания выполняют напильниками и надфилями. Изготовляют их из инструментальных сталей.

Напильники и надфили рассчитаны на определенный срок службы, по истечении которого они приходят в негодность. И от подготовки инструмента и обращения с ним зависит, будет ли укорочен или удлинен этот срок. Напильники и надфили сохраняются на складах покрытыми антикоррозионной смазкой, которую перед работой необходимо удалить. Сделать это можно, промывая инструмент щеткой в чистом бензине в несколько приемов. Или надо густо натереть насечку мелом, который впитает жир, а затем жесткой щеткой по направлению рядов насечек полностью удалить мел. С обезжиренной поверхности напильников и надфилей легко будут удаляться щеткой застрявшие опилки, что предохранит инструмент от засаливания.

Для сохранения срока службы опиловочного инструмента необходимо следить во время работы за тем, чтобы рабочая часть его не соприкасалась с закаленными металлами, камнями и т. д. Нельзя опиливать изделия, на поверхности которых есть остатки плавленой буры, так как, обладая высокой твердостью, плавленая бура очень быстро затупляет насечку опиловочного инструмента. При хранении напильников и надфилей в ящиках нужно обеспечить изоляцию их от материалов равной или более высокой твердости, действия кислот и их испарений.

Напильники для производства ювелирных изделий классифицируют по размерам, профилю и насечке (рис. 60). Размеры их 200...270 мм. Обеспечивают все виды опиливания четыре

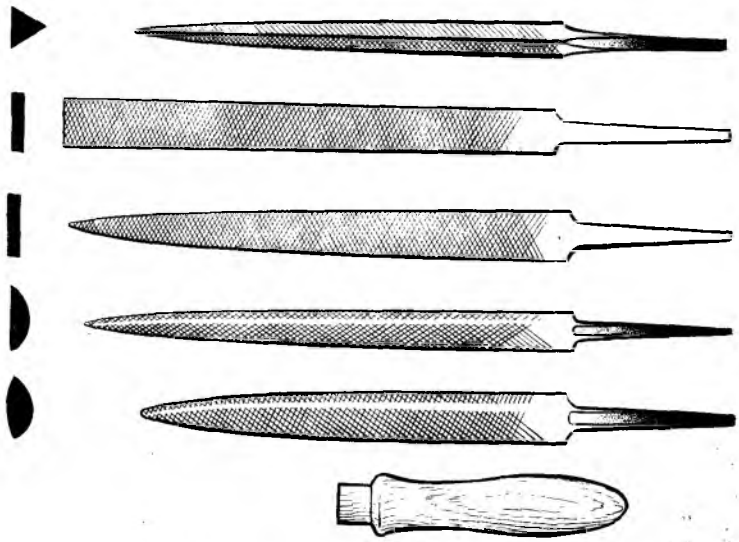


Рис. 60. Напильники

основных профиля — трехгранный, полукруглый, разновыпуклый и плоский.

Трехгранный напильник — по форме сечения равносторонний треугольник. Насечку имеют все три стороны. Трехгранные напильники применяют для большинства видов наружного опиливания. В ряде случаев, когда при опиливании поверхности ребро напильника оставляет следы на смежных деталях, допускается спиливание насечки с ребра и заполировка его.

Полукруглый напильник — по форме сечения сегмент. Имеет насечку на обеих сторонах напильника. Выпуклая сторона служит для опиливания внутренних округлых и вогнутых поверхностей. Плоская грань может быть использована для опиливания наружных поверхностей.

Разновыпуклый напильник по форме сечения напоминает двояковыпуклую линзу разных радиусов. Насечку имеют обе стороны. Напильник служит для опиливания внутренних округлых поверхностей, округлых углублений по контуру.

Плоский напильник по форме сечения напоминает низкий прямоугольник, высота которого до 5 мм. Одна из торцевых сторон насечки не имеет. Рабочими являются две противоположные большие грани напильника. Напильник служит для опиливания плоских и боковых поверхностей.

Насечка напильников обозначается номерами — 1, 2, 3, 4, 5, 6. С увеличением номера насечки уменьшается величина зуба напильника. Напильники с крупной насечкой (1 и 2) применяются для грубой обработки изделий — придания формы, напильники с насечкой 3, 4 и выше — для выравнивания и чистовой обработки изделий под шабер.

Для работы напильником на его хвостовик насаживают деревянную ручку длиной 70...90 мм. Чтобы насадить ручку на напильник, в ней со стороны шейки по центру засверливают отверстие диаметром 5...6 мм на половину глубины ручки. Затем набивают ручку на хвостовик напильника таким образом, чтобы продольные оси напильника и ручки совпали. При насадке ручки необходимо обращать внимание на то, чтобы между хвостовиком напильника и ручкой не было щелей, в противном случае в щели могут забиваться опилки драгоценных металлов.

К специальным напильникам, служащим для более мелких работ, относятся надфили (рис. 61). Они отличаются от напильников меньшей площадью сечения. Например, сторона профиля трехгранного надфиля 2,5...4,5 мм, а сторона профиля трехгранного напильника 10...17 мм. Ширина плоского надфиля до 7 мм, напильника до 30 мм. Подобно напильникам надфили классифицируют по размерам, профилю и насечкам. Длина их в пределах 100...200 мм. Наиболее ходовые 200-миллиметровые. У надфилей есть разновидности — игольчатые надфили и рифели.

По профилю надфили делятся на трехгранные, клиновидные,

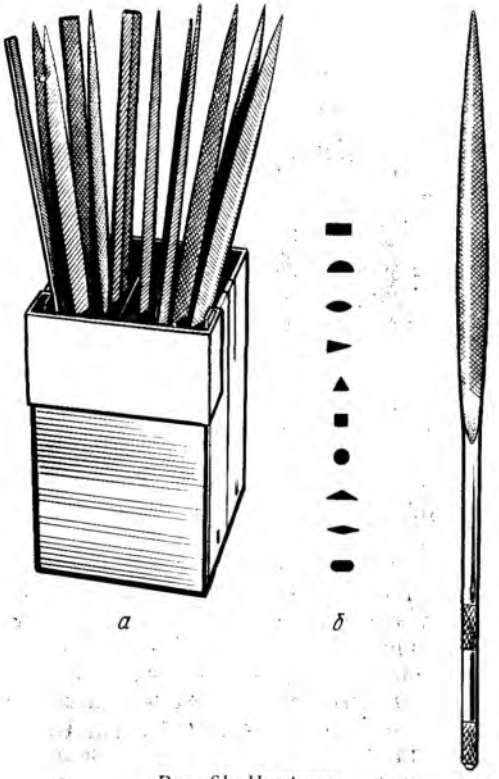



Рис. 61. Надфили

ромбические, плоские, квадратные, полукруглые, разновыпуклые, пазовые, овальные, круглые.

Трехгранные надфили бывают нескольких видов, их различают по форме сечения и рабочим граням. Все трехгранные надфили — остроносые. Равносторонний трехгранный надфиль имеет три насеченные рабочие грани и три одинаковых (по углу) рабочих ребра. Применяется для обработки небольших наружных поверхностей, для выпиливания угловых всечек, выпиливания и последующей обработки поверхности. Тупоугольные трехгранные надфили по форме сечения представляют равносторонний тупоугольный треугольник и бывают трехсторонними и односторонними. У трехстороннего три грани и три ребра (два с острыми углами при вершине и один с тупым) являются рабочими. Применяется для опиливания поверхностей в тех местах, где угол равностороннего надфиля не позволяет произвести опиливание. Односторонний трехгранный надфиль имеет одну (большую) рабочую грань, две другие грани гладкие. Используется в тех случаях, когда есть опасение задеть при опиливании смежные детали изделия.

Клиновидные надфили в сечении напоминают форму клина и изготовляются остроносыми. Один вид надфиля имеет две рабочие стороны и острое ребро, оставляющее клиновидную всечку. Другой вид клиновидного надфиля имеет также две рабочие грани, но ребро при остроугольной вершине у него закруглено. Клиновидные надфили применяются для обработки крапанов (отдельных стоек, удерживающих камень), кастов и для пропиливания всечек малых углов.

Ромбические надфили в сечении представляют ромб и бывают с различными углами при вершине. Эти надфили изготовляют тупоносыми. Основная рабочая поверхность их — остроугольные ребра. Ромбические надфили служат для обработки всечек с определенным углом расхождения сторон.

Плоские надфили — остроносые и тупоносые — имеют в сечении форму низкого прямоугольника. Все четыре стороны надфиля рабочие. Широкие грани служат для обработки плоских поверхностей, торцевых сторон и т. д., узкие (торцевые) для пропиливания пазов, обработки прямоугольных люфтов, припасования шарнирных соединений.

Квадратные надфили — остроносые, имеют в сечении форму квадрата. Все стороны и углы — рабочие. Надфиль необходим для пропиливания прямоугольных пазов и прямоугольных угловых всечек, для обработки прямоугольных люфтов и шарнирных соединений.

Полукруглые надфили — остроносые, в сечении имеют форму сегмента. Обе стороны (овальная и плоская) с насечкой. Овальная сторона используется для выпиливания и обработки рельефа, опиливания внутренних округлых поверхностей. Плоская сторона используется в тех же случаях, что и грань трехгранного и плоского надфилей.

Разновыпуклые надфили — остроносые, по форме сечения, как и напильники, напоминают двояковыпуклую линзу. Радиус выпуклости сторон различен. Обе стороны надфиля имеют насечку. Надфиль удобен для обработки внутренних поверхностей колец. Вследствие разности закругления ими обрабатывают кольца различных размеров.

Пазовые надфили — остроносые и тупоносые — отличаются от плоских закругленными торцевыми гранями. Пазовый надфиль имеет насечку по всей поверхности. Основными рабочими поверхностями являются закругленные ребра, но используются и плоские стороны. Надфиль служит для пропиливания и обработки пазов, люфтов и других малодоступных для других надфилей участков.

Овальные надфили — остроносые, в сечении имеют форму неправильного овала. Радиус закругления изменяется по всему периметру сечения. Вся поверхность надфиля имеет насечку. Надфиль удобен для обработки круглых, овальных и других отверстий, имеющих закругления.

Круглые надфили — остроносые, в сечении имеют форму

круга. Надфиль имеет насечку по всей окружности. Используется для обработки круглых и овальных отверстий, обработки люфтов и выпиливания рельефа.

Игольчатые надфили (рис. 62) отличаются от обычных сечением хвостовика и длиной рабочей части. Сечение хвостовика игольчатого надфиля квадратное — 2×2 мм, обычного — круглое 3...4 мм. Длина рабочей части игольчатых надфилей 35...55 мм при общей длине 140 мм.

Рабочая часть игольчатых надфилей имеет различные профили, аналогично обычным. Служат игольчатые надфили для обработки труднодоступных мест изделий — пазов, люфтов, отверстий различных форм. Малые размеры сечения надфилей позволяют обрабатывать боковую поверхность сложных прорезных узоров.

Рифели (рис. 63) — разновидность надфилей. Подобно игольчатым надфилям они имеют короткую (40 мм) рабочую часть, остальные размеры совпадают с размерами обычных надфилей. Рабочая часть рифелей в отличие от надфилей изогнута. Рифели, как правило, имеют одностороннюю насечку на внешней стороне изгиба. Различаются по кривизне изгиба и профилю рабочей части. Применяются для опиливания вогнутых поверхностей и заправки внутренних поверхностей полых изделий.

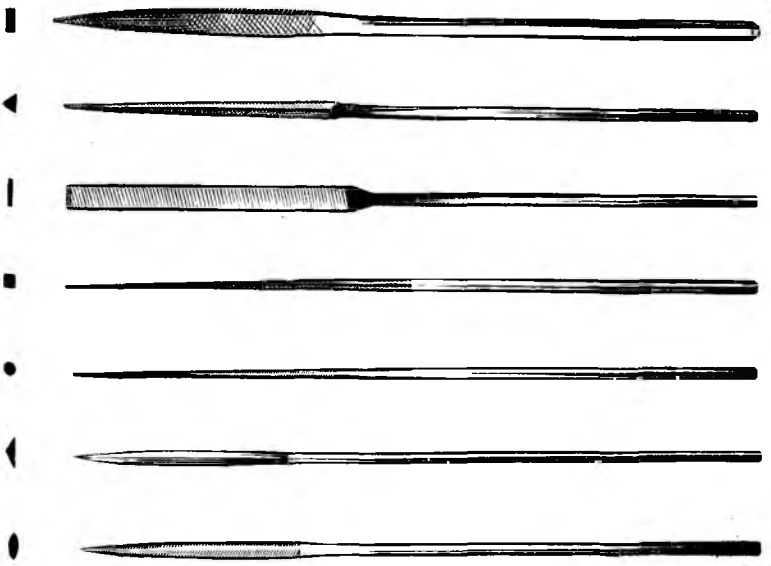


Рис. 62. Игольчатые надфили

Насечка надфилей определяется номерами от 1-го до 6-го. Как и у напильников, с повышением номера уменьшается величина зуба надфиля. Надфили с насечками 1 и 2 служат для выпиливания рельефа, всечек и т. д., с насечкой 3 — для чистовой заправки паяного соединения и других поверхностей. Надфили с насечками 4, 5 и 6 применяются наряду с шабером для выведения мелких рисок и обработки оправ камней (кастов) в процессе закрепки.

Насечки игольчатых надфилей и рифелей также различны и применяются в зависимости от нужной чистоты поверхности.

Для облегчения работы надфилями используют ручки с цанговыми и болтовыми зажимами. Длина ручки 80...90 мм, диаметр в толстой ее части 13...18 мм.

Ювелирное опиливание в принципе отличается от всех видов слесарного опиливания. Специфика производства ювелирных изделий — размеры, формы, конструкция изделий и деталей, используемые материалы, сохранность и сбор металлических отходов — полностью исключает возможность применения стационарных тисков. Для определения внешних размеров, правильности форм, плоскости и кривизны поверхности не пользуются лекалами и другим контрольным инструментом. Контроль осуществляется визуально.

Ювелиры выполняют опиливание, сидя за рабочим верстаком. В ячейку верстака вмонтирован упор-финагель, к которому прижимают изделие. В большинстве случаев изделие во время обработки держат в руке, прижимая к финагелю пальцами. Если детали трудно удерживать в руке, при опиливании пользуются плоскогубцами (рис. 64), круглогубцами, ювелирными тисочками (рис. 65) — металлическими и деревянными, но так, чтобы они не оставляли неисправимых дефектов на деталях. При опиливании деталей, которые по различным причинам не могут быть зажаты инструментом и в руке, используют деревянные приспособления в виде стержней. Если деталь имеет отверстие, то она насаживается на подогнанный конец

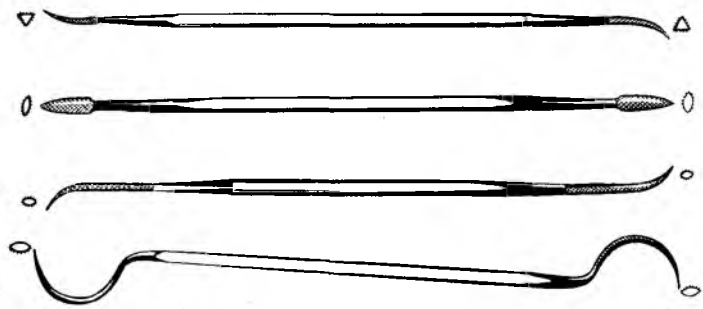


Рис. 63. Рифели

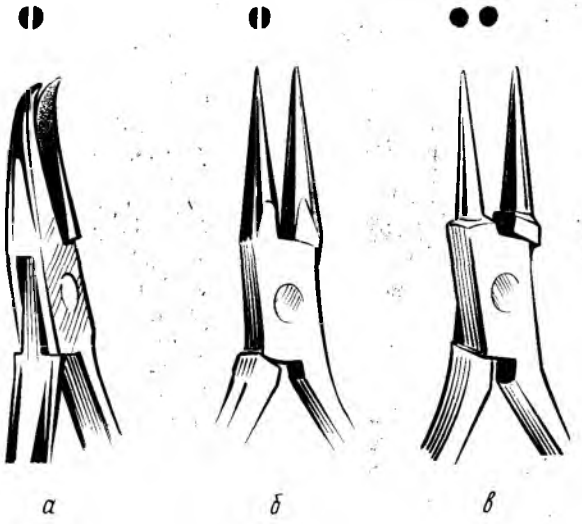



Рис. 64. Ювелирные щипцы:
*а* — клювики, *б* — плоскогубцы, *в* — круглогубцы

деревянного стержня, в противном случае деталь может вжиматься в торец стержня и удерживаться таким образом.

При опиливании драгоценных металлов нельзя применять инструмент и приспособления, изготовленные с использованием цветных металлов и несгорающих материалов, ввиду сложности

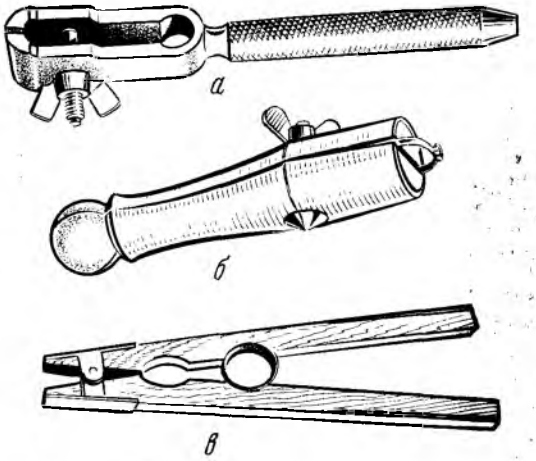



Рис. 65. Ювелирные ручные тисочки:
*а* — тисочки металлические, *б* — тисочки деревянные, *в* — кольцедержатель деревянный

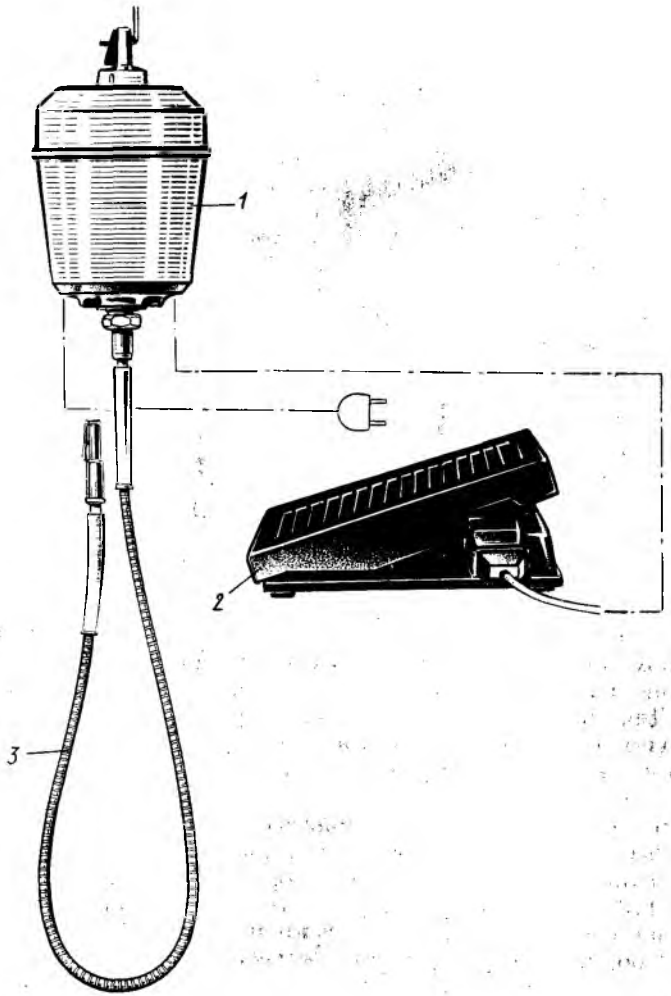



Рис. 66. Подвесной электродвигатель с гибким приводом:
*1* — электродвигатель, *2* — пусковая педаль (реостат), *3* — гибкий привод

извлечения их из опилок. В процессе опиливания локти обеих рук находятся в свободном состоянии, лишь в некоторых случаях локоть руки, держащей изделие, опирается на край ячейки верстака. Однако в любом случае держащая изделие рука прижимает его к финагелю. Напильник или надфиль в другой руке, опиливая изделие, подстраховывается финагелем, частично опираясь на него. В том случае, когда надфиль вынужден страховаться большим пальцем держащей изделие руки, на палец надевается кожаный чехол.



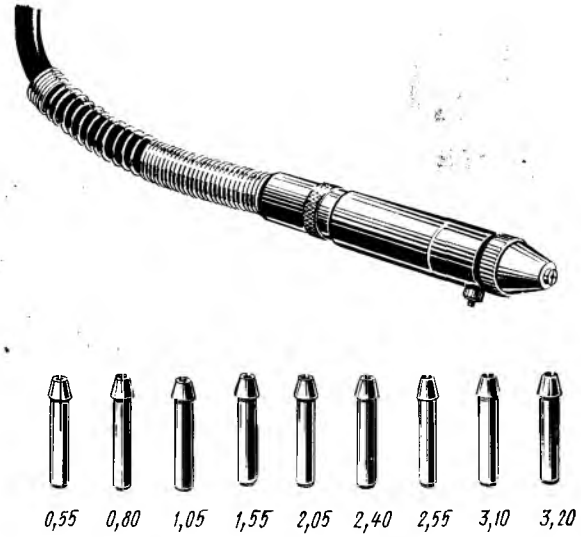



Рис. 67. Фрезы (боры) для механического опиливания

Наряду с ручным применяют механическое опиливание, при помощи которого обрабатывают труднодоступные участки изделий, пазовые вырезы, внутренние поверхности полых изделий. Для механического опиливания применяют электромоторы с гибким приводом (рис. 66) и набор боров — фрез (рис. 67), которые крепятся посредством наконечников-манипуляторов (рис. 68).

Используют настольные и подвесные бормашины мощностью не менее 60 Вт и частотой вращения не менее 3500 об/мин. Двигатели, частота вращения которых находится в пределах 3500...1200 об/мин, могут использоваться для механического опиливания ювелирных изделий, двигатели, скорость которых выше 12 000 об/мин, могут приводить к перегреву изделия и фрезы.

Предпочтительней подвесные электродвигатели мощностью 75...100 Вт и частотой вращения 3600...10 000 об/мин с гибким приводом (валом) и наконечником (манипулятором), многоцелевые нагрузки которых рассчитаны до 30 000 об/мин.

Универсальные наконечники с цанговым зажимом фрезы наиболее удобны, так как могут быть использованы не только для зажима фрез, но и сверл, шлифовальных насадок и т. д. Таким образом диапазон применения бормашины значительно расширяется.

Фрезы для бормашины самые разнообразные по форме и размерам режущих головок. Размеры режущих головок в полном наборе от 1 до 10 мм в диаметре. Посадочный стержень двух типов — 2,35 и 3,00 мм.

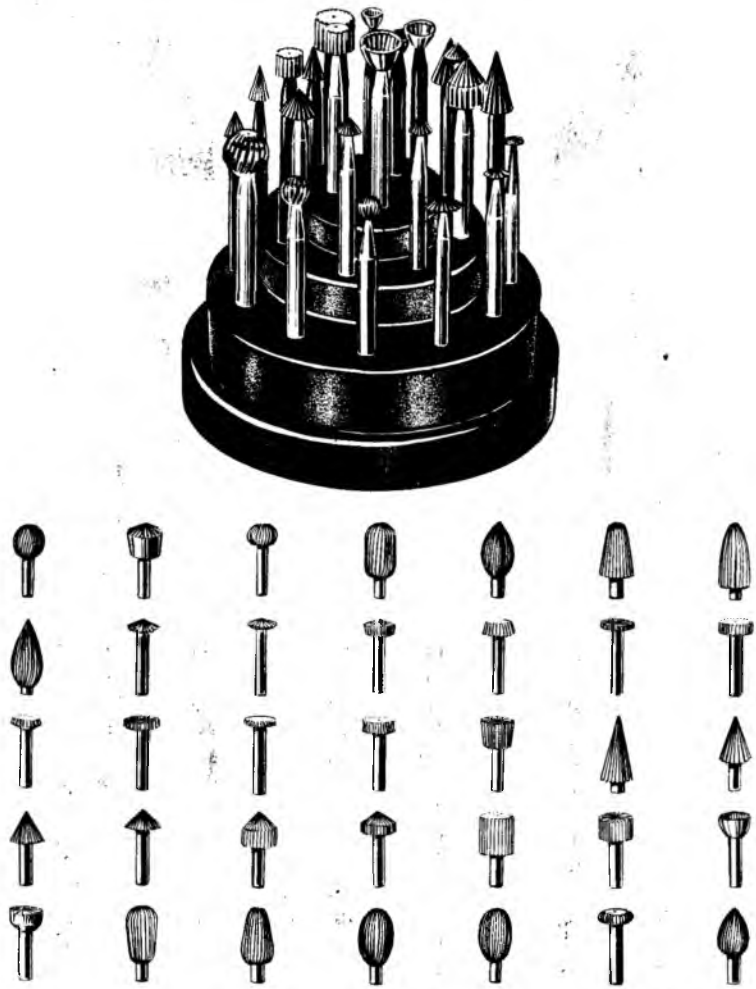


Рис. 68. Наконечник (манипулятор) гибкого привода с набором цанг

## 6.7. ВЫПИЛИВАНИЕ ЛОБЗИКОМ

Выпиливание лобзиком – одна из самых сложных и ответственных операций индивидуального изготовления ювелирных изделий. Сущность выпиливания лобзиком заключается в удалении фоновых частей (фона), детали или рисунка, после чего остается сложная конструкция или ажурный орнамент.

Лобзик (рис. 69) представляет собой небольшого размера станок (типа ножовочного) для натяжения режущей пилки.

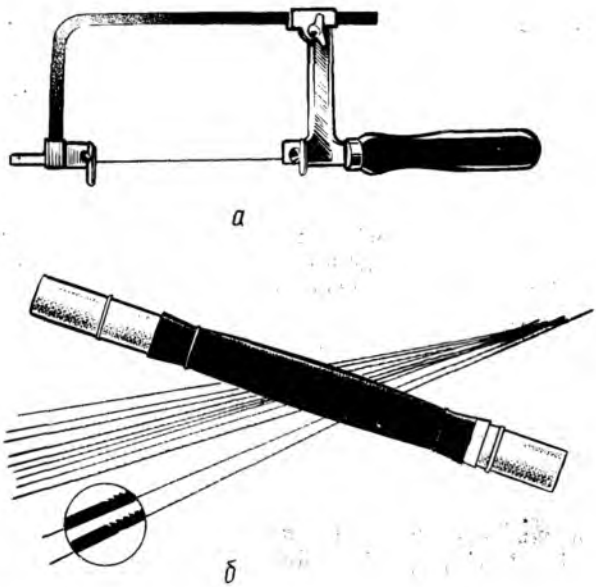



Рис. 69. Лобзик
*а* — станок (регулируемая длина до 160 мм); *б* — пилки для лобзика

Конструкция лобзика позволяет регулировать и фиксировать его размеры по длине, что дает возможность закреплять сломанные пилки и использовать их с максимальной экономичностью. Зажимные щечки лобзика имеют зубчатую рабочую поверхность для надежного захвата концов пилки и удержания ее в натяжении. Зажатие пилки производится с помощью болта (барашка).

Пилки для лобзика — это закаленная проволока прямоугольного сечения, на рабочей грани которой имеются наклонно-зубчатые насечки. Пилки различают по размерам их сечений и величине зубьев. С уменьшением толщины и высоты пилок уменьшаются размеры их зубьев.

Лобзиковые пилки по металлу обозначаются номером, которому соответствует определенная ширина полотна. Изменение ширины полотна влечет пропорциональное изменение величины зуба, поэтому размер пилки выбирают по ширине. Нумерация пилок зарубежных фирм изменяется в диапазоне от 8 до 10. Соответствие ширины номеру пилки у всех зарубежных фирм одинаково при постоянной длине 130 мм.

Лобзик рассчитан на работу в вертикальном положении (ручкой вниз), поэтому пилка закрепляется направлением режущих зубьев в сторону ручки (вниз). Пилка, находясь в рабочем состоянии, должна быть умеренно натянута. Слабое натяжение не сможет обеспечить точного пропила (по разметке). Излишне сильное натяжение при малейшем перекосе в прорези вызывает

**Соответствие толщины номеру пилки**

| Номер | Толщина, мм |
|---|---|
| 8—0 | 0,18 |
| 7—0 | 0,20 |
| 6—0 | 0,22 |
| 5—0 | 0,24 |
| 4—0 | 0,26 |
| 3—0 | 0,28 |
| 2—0 | 0,30 |
| 0 | 0,32 |
| 1 | 0,34 |
| 2 | 0,38 |
| 3 | 0,41 |
| 4 | 0,44 |
| 5 | 0,47 |
| 6 | 0,50 |
| 8 | 0,57 |
| 10 | 0,65 |

излом пилки, что мешает маневрированию при выпиливании криволинейных прорезей на малых участках. Натяжение пилки считается нормальным, если при упругом нажатии сбоку на середину пилки отклонение ее от оси составит около 3 мм.

Заготовка должна опираться на горизонтальную сторону финагеля и придерживаться левой рукой. Для выпиливания узора изделие просверливают, места сверления располагают в тех частях рисунка, которые будут удалены. Диаметр отверстия выбирают таким, чтобы пилка свободно проходила в него. Пропиливая узор, следует сохранять заданный угол пропила; при его изменении пилку заклинивает и она ломается. Пилка должна двигаться легко даже при изменении направления пропила, для этого ее периодически смазывают воском.

Изготовление ювелирных изделий не обходится без выпиливания лобзиком. Наряду с выпиливанием ажурных узоров им выполняют еще ряд операций, таких, как вырезание гнезд для камней, пропиливание всечек, распиливание деталей по разметке, подчистка узоров в труднодоступных местах.

Малые размеры ювелирных изделий, сложность их конфигурации заставляют ювелира работать лобзиком на опасном расстоянии пилки от пальцев, поэтому ювелир при выпиливании должен быть предельно внимательным. Не следует прилагать усилий в местах возможного срыва пилки в сторону пальцев, пытаться высвободить заклинившую пилку силой или направлять пилку на разметку пальцем.

## 6.8. СВЕРЛЕНИЕ

Сверлением называется выполнение сквозных отверстий с помощью режущего инструмента — сверла. Сверление относится к виду обработки резанием. Увеличение отверстий с помощью сверла называется рассверливанием, а выполнение несквозного отверстия — засверливанием.

Сверление — операция, часто применяемая при изготовлении ювелирных изделий. Спецификой является то, что материал, подлежащий сверлению (золото, серебро и т. д.), мягок, толщина просверливаемого материала колеблется от 0,5 до 2,0 мм, а диаметры отверстий от 0,5 до 1,5 мм (иногда до 2...3 мм) и что изделия и детали сверлятся незакрепленными.

Производится сверление на сверлильных станках, бормашиной или вручную — ручной ювелирной дрелью, сверлом, зажатым в ювелирных тисочках или в цангодержателе.

Инструмент для сверления металлов — сверло (рис. 70), со-

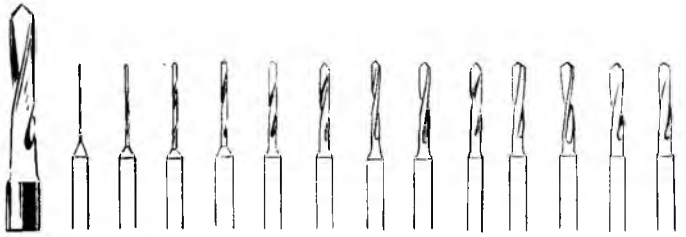


Рис. 70. Сверла с утолщенным хвостовиком

стоит из рабочей части и хвостовика. Рабочая часть, в свою очередь, состоит из двух частей — режущей и цилиндрической. Сверла, имеющие рабочую часть с винтовой канавкой, называются спиральными. Режущую часть представляет конус, имеющий две режущие кромки, которые сходятся на середине сверла. Угол конуса, образованный режущими кромками, называется углом заточки сверла. Угол заточки должен обеспечивать правильную работу сверла.

Для золотых и серебряных сплавов, платины и других металлов, близких к ним по твердости, угол заточки сверла 125... 140°.

На цилиндрическом участке рабочей части есть две винтовые канавки, расположенные одна против другой. Назначение их — отводить стружку из просверливаемого отверстия во время работы сверла. Канавки имеют специальный профиль, обеспечивающий правильное образование режущих кромок и достаточное пространство для прохождения стружки.

Хвостовик служит для закрепления сверла в патроне шпинделя. У ювелирных сверл малого диаметра хвостовики изготовляются утолщенными, это уменьшает биение сверла при работе и облегчает закрепление его в патроне.

Точность (качество выполняемого отверстия) и срок службы сверла зависят: от заточки и правильности закрепления сверла, правильности установки изделия, режима работы и состояния станка.

Ювелирный настольный сверлильный станок (рис. 71) состоит из станины, шпинделя и механизмов движения станка. Станина — основание и опора всех остальных частей станка, она же является и столом для сверления. Шпиндель — вращающийся вал, на котором крепится патрон. Патрон служит для закрепления сверла. К механизмам движения относятся электродвигатель и механизм вертикальной подачи шпинделя. Сверлильный станок устанавливается вне ювелирного верстака и поэтому должен обеспечиваться специальным кожухом для сбора стружки драгоценных металлов. Кожух для сбора отходов представляет собой глубокое пластиковое корытце с вырезами для рук.

Станки для сверления отверстий малых диаметров 0,5...2,0 мм должны иметь большую частоту вращения. Станок должен

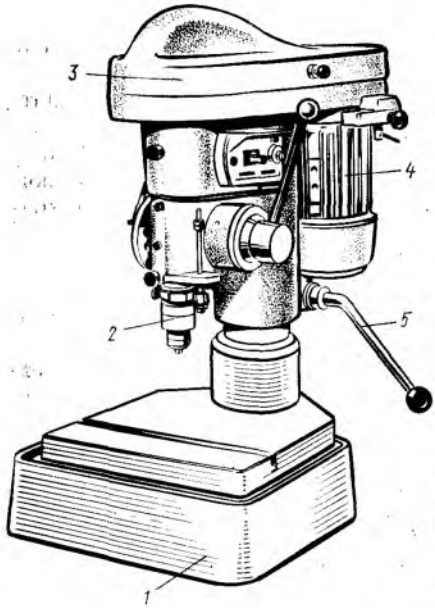



Рис. 71. Настольный сверлильный станок: *1* — станина, *2* — шпиндель с патроном, *3* — защитный кожух, *4* — электродвигатель, *5* — ручка вертикальной подачи шпинделя

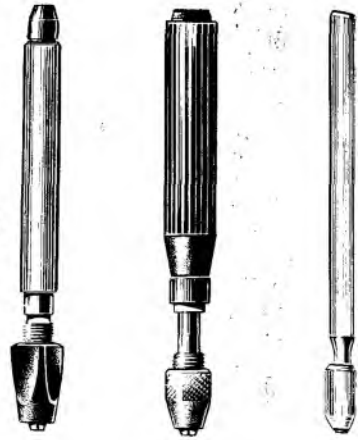


Рис. 72. Ручные цангодержатели

обеспечивать скорость вращения в интервале от 3000 до 10 000 об/мин. Скорость вращения выбирают в зависимости от диаметра сверла: чем тоньше сверло, тем выше скорость вращения.

Для выполнения качественного сверления большое внимание уделяют подготовке сверлильного станка и изделия. Подобранное сверло закрепляют в патроне, добиваясь вращения без малейшего биения. Опорную подставку из дерева, пластмассы или другого легкосгораемого материала ставят в кожух для сбора стружки и помещают на столе сверлильного станка. Накерненные изделия устанавливают на опорной подставке так, чтобы сверло совпало с углублением. В качестве опорных подставок удобно использовать флахайзен с деревянным вкладышем, вставленным в отверстие плиты и выступающим на 10...15 мм выше ее уровня. Такой вкладыш дает возможность сверлить выпуклые детали, устанавливая их просверливаемым участком перпендикулярно сверлу. Для сверления колец используют короткие деревянные стержни типа ригеля, на которые надевают кольцо, добиваясь таким образом устойчивости его во время сверления. Подачу сверла осуществляют легким нажимом на рычаг подачи шпинделя, время от времени освобождая сверло

Сильный нажим, сдвиг изделия в сторону приводят к поломке сверла. Перед каждым проходом сверло смазывают маслом или воском.

При работе на сверлильном станке необходимо соблюдать все правила безопасности труда.

Во время работы станка нельзя держать непокрытую голову близко к вращающемуся шпинделю, держать рукой патрон, помогая ему остановиться, пытаться поправить сверло на ходу и вообще трогать вращающиеся детали станка до полной его остановки.

Сверление можно производить и на рабочем месте (за верстаком) бормашиной в тех случаях, когда сверлится деталь не толще 1,0 мм и отверстия единичны. Наконечник гибкого вала должен быть с цанговым зажимом и набором сменных цанг.

Для тонкой подгонки отверстий используют ручные цангодержатели (рис. 72) для ручного рассверливания круглых отверстий камней малого диаметра, отверстий шарнирных соединений и др.

Для ручного сверления применяют также ювелирную дрель (рис. 73), которая служит в основном для рассверливания и засверливания отверстий на небольшую глубину. Ювелирная дрель состоит из: стержня, цангового зажима, маховика, ручки и ремня. Стержень металлический сплошной, 6...7 мм в диаметре, является основой для крепления цангового зажима и маховика (с одного конца). С другого конца стержень имеет отверстие для продергивания ремня.

Цанговый зажим крепится на конце стержня и служит для закрепления сверла.

Маховик представляет собой металлический круг диаметром 20...25 мм, длиной 200...220 мм. Посередине имеет поперечное отверстие для свободной насадки на стержень. Отверстия по краям ручки служат для крепления концов ремня.

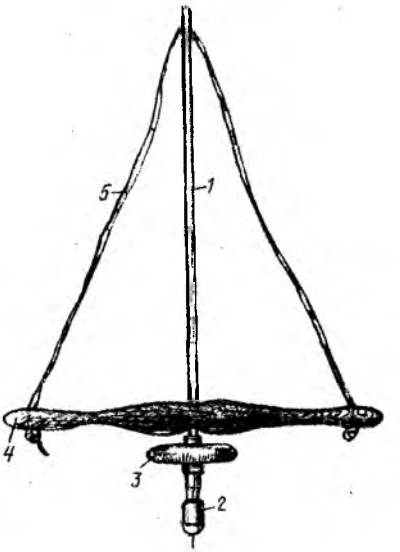



Рис. 73. Ручная ювелирная дрель:
*1* — стержень, *2* — цанговый зажим, *3* — маховик, *4* — ручка, *5* — ремень

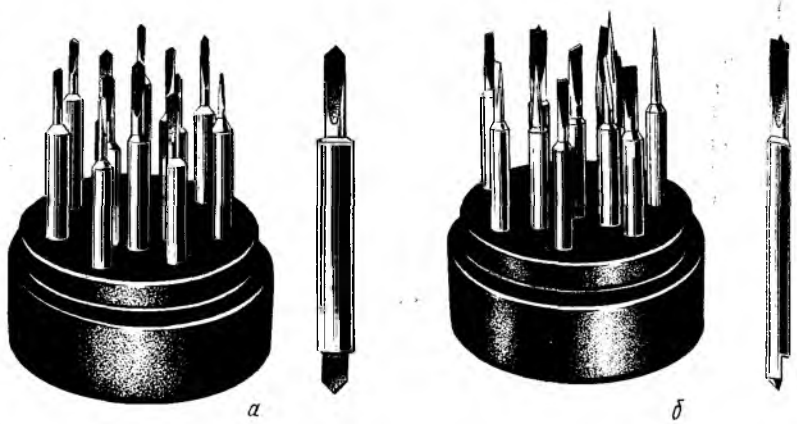



Рис. 74. Перовые сверла:
*1* — угловые, *2* — прямые

Ремень (обычно из сыромятной кожи) шириной 4...5 мм соединяет концы ручки, проходя через отверстие в стержне. При вращении стержня в любую из сторон ремень закручивается вокруг стержня, подтягивая ручку вверх. Ювелир нажатием ручки вниз раскручивает ремень, придавая стержню обратное вращение, а маховое колесо закручивает ремень в другую сторону. Таким образом стержень получает вращательное движение в обе стороны.

Вращение в обе стороны с малой скоростью целесообразно для использования перовых сверл (рис. 74), которые позволяют очень точно калибровать отверстия при закрепке мелких камней. Для рассверливания отверстий и калибровки применяют угловые «перья» (перовые сверла), для засверливания и получения углублений с плоским основанием — прямые «перья».

## 6.9. ШАБРЕНИЕ

Шабрением называется обработка поверхности изделия путем соскабливания тонкого слоя металла режущим инструментом — шабером. Шабрение ювелирных изделий производят с целью удаления рисок, образованных в процессе опиливания, для подготовки изделия к полированию. Это одна из отделочных операций. Шабрят внутренние и наружные поверхности.

Для всех видов ювелирного шабрения используют шаберы одной конструкции — трехгранные, изготовленные из инструментальных сталей марок У10...У12. Шаберы разного назначения отличаются друг от друга только размерами сечения и углом заточки. Рабочая часть всех шаберов должна быть закалена и при надобности отпущена до такого состояния, чтобы шабер был не очень хрупким, но и не очень мягким. У хрупкого шабера



может обломаться острый конец и выкрошиться лезвие, вследствие чего на поверхности шаброванного изделия остается след из мелких рисок. В этом случае говорят, что шабер «волосит». Если же шабер мягкий, заточка его будет недолговременной, следовательно, потребуется постоянная заправка шабера.

Шабер состоит из стержня с рабочей частью и ручки. Рабочая часть — это ребра, образованные трехгранной конической заточкой. Таким образом, рабочая часть шабера имеет три лезвия. Угол при вершине, образованный гранями, называется углом заточки шабера. Зависит он от сечения и назначения шабера. В целях безопасности работы длина рабочей части ограничена 20 мм.

Для шабрения внутренних округлых поверхностей (внутри колец) применяют шаберы большего сечения — круглые диаметром 6...8 мм, трехгранные со стороной 6...8 мм, так как внутреннее шабрение требует большего усилия, чем наружное. Угол заточки таких шаберов 30...35°. Длина шабера с ручкой 130...150 мм. Ручка может быть изготовлена из дерева, эбонита, пластмасс. Толщина ручки в утолщенной ее части 12...15 мм. В качестве заготовок для шаберов могут быть использованы: метчики, развертки, прутки подходящих сталей и специальные поковки.

При шабрении наружных поверхностей и труднодоступных мест применяют более тонкие шаберы сечением 5...6 мм. Угол заточки этих шаберов 15...25°, длина с ручкой 150...180 мм. Ручки для тонких шаберов могут быть изготовлены из трубок цветных металлов или прочных пластмасс. Так как при наружном шабрении ручка шабера находится между пальцами руки, сечение ее не должно превышать 8 мм. В качестве заготовок для шаберов наружного шабрения могут быть использованы: надфили, метчики и развертки соответствующих размеров.

Независимо от формы заготовки для шабера, рабочую часть затачивают на три грани. Предварительную заточку производят на наждачном точиле, следя за тем, чтобы не отпустить заготовку. После того как рабочей части шабера задан определенный угол и предварительно обработаны грани, на грубом абразивном бруске выравнивают грани. Брусок смачивают жидким машинным маслом или керосином и, прижимая деревянным прижимом (в качестве прижима может служить старая ручка от напильника) к камню поочередно каждую грань, сообщают заготовке движение по плоскости камня. Затачивают рабочую часть шабера на грубом камне до тех пор, пока грани не станут плоскими, а ребра прямолинейными. Дальнейшую заправку шаберов производят на мелкозернистых брусках, также покрывая поверхность камня маслом и прижимая грани шабера. Окончательно заправляют шабер на твердых мелкозернистых оселках.

Бруски для заправки шабера должны иметь ровную плоскость без трещин и глубоких царапин. При выработке камня его необходимо выровнять трением о другой камень. Длина брусков

для заправки шабера 150 мм, ширина 50 мм, тощина 25 мм.

Операцию шабрения выполняют, сидя за рабочим верстаком, в левой руке держат изделие, в правой — шабер. Упором для изделия служит финагель. Стружка, выходящая из-под шабера, падает в фартук, покрывающий колени мастера.

Для шабрения изнутри колец и других округлых отверстий шабер берут так, чтобы ручка его помещалась в ладони правой руки. Указательный палец правой руки лежит на стержне шабера. Рабочая часть находится на шабруемой поверхности гранью вниз, что обеспечивает режущий угол между лезвием шабера и поверхностью изделия. Нажатием указательного пальца на стержень шаберу придают окружное движение в одну сторону (по часовой стрелке), обратное движение — холостое, без снятия стружки. Ход шабера (длина срезаемой поверхности) зависит от диаметра и ширины кольца, в среднем это 12...15 мм.

При наружном шабрении шабер помещается в руке так, чтобы ручка его проходила между пальцами руки (мизинцем и безымянным или безымянным и средним). Кончики указательного и среднего пальцев лежат на стержне шабера, а большой палец упирается в стержень сбоку рядом с рабочей частью шабера. Лезвие шабера устанавливают под углом 30...40° к поверхности. Движение шаберу придает большой палец правой руки, толкая лезвие вперед (от себя) и прижимая его к поверхности изделия. Обратный ход — холостой. Рабочий ход шабера не более 15 мм, но может быть и очень коротким, в зависимости от сложности изделия (рельефа, резного узора и т. д.). Если на поверхности изделия есть ощутимые шабером риски, оставшиеся от опиливания, то лезвие шабера устанавливают под углом 45...60° к направлению рисок, иначе шабер образовывает ступенчатую поверхность. Шабрением достигают достаточно высокой чистоты поверхности, поэтому изделия после шабрения можно полировать.

? 1. Как обеспечить максимально полный сбор опилок и других отходов при работе за ювелирным верстаком? 2. Перечислите основные требования, предъявляемые к правочному инструменту. 3. Какие типы горелок существуют для пайки ювелирных изделий? 4. Какие компоненты используют для снижения температуры плавления золотых припоев? 5. Какие компоненты используют для получения золотых припоев белого цвета? 6. С помощью каких компонентов можно снизить температуру плавления серебряных припоев? 7. С какой целью применяют флюсы при пайке? 8. Какие требования предъявляют к посуде и инструментам для отбеливающих растворов и работе с ними? 9. В чем задача опиливания деталей и ювелирных изделий?

# ГЛАВА 7

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Эта глава включает пооперационное изготовление деталей и сборку наиболее распространенных ювелирных украшений. Оправы для камней, верхушки, ранты и другие детали могут

быть общими для любого ювелирного изделия и являться лицевой частью (основой) всех украшений. Поэтому этот раздел выделен из общей сборки изделий по видам. Глава содержит описание в основном ручного изготовления и сборки украшений, а также наиболее часто встречающиеся дефекты изделий и возможные способы устранения их.

## 7.1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАСТОВ

Каст (оправа камня) — общая деталь всех ювелирных изделий с камнями. Существуют два типа кастов, различающихся принципом держания камня, — глухие и крапановые.

В глухих камни удерживаются завальцованными стенками каста, а в крапановых — отдельными стойками (крапанами), вырезанными в касте или напаянными на него. Виды глухих и крапановых кастов могут быть различными по конструкции и технике исполнения в зависимости от вида украшения, образца и огранки камня. Форма и размеры кастов зависят в основном от формы, огранки и размеров камня. Говоря о размерах каста, имеют в виду размеры камня, который может быть закреплен в данном касте. При изготовлении кастов используют различные виды заготовок: толстостенные трубочки, плоский ленточный прокат, штампованные полуфабрикаты.

**Глухие касты круглой формы.** Для мелких, до 3 мм в диаметре, круглых камней в качестве глухих кастов (рис. 75) используют отрезки трубок (царги). Касты для такого размера камней могут быть цилиндрическими и коническими. Для цилиндрических делают трубку с внутренним диаметром, меньшим диаметра камня, а внешним диаметром, превышающим диаметр камня, с таким расчетом, чтобы вырезанное при закрепке камня гнездо проходило по средней линии диаметров. Заготовку для конических кастов берут с таким же расчетом, но для получения конической формы нижнее основание каста осаживают (скола-

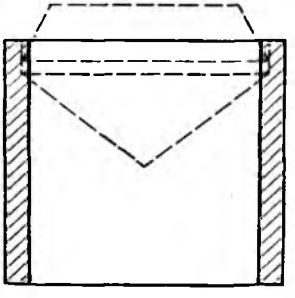


Рис. 75. Глухой цилиндрический каст для мелких камней круглой формы

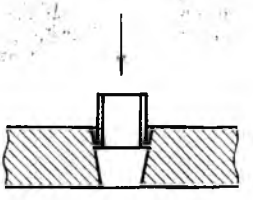


Рис. 76. Сколачивание каста на конус в проколотке

чивают) в конической оправке. Такой матрицей может служить волочильная доска (циайзен) для шарниров соответствующих размеров. Производят сколачивание заготовки с паяным швом. Толщина стенки кастов малого диаметра 0,3...0,4 мм, высота выбирается в зависимости от образца изделия, но не менее высоты камня. Оправы для мелких камней, как правило, делают в большом количестве, поэтому пайку трубчатого шва лучше производить, когда трубка еще в длинной заготовке (не нарезанной по высоте кастов). При изготовлении цилиндрических кастов шов можно оставлять незапаянным с расчетом, что он пропаяется при сборке изделия.

Касты для камней диаметром свыше 3 мм почти всегда конические, т. е. имеют форму усеченного конуса. Конусность придается двумя способами: сколачиванием или расколачиванием цилиндрической заготовки. В качестве заготовки каста для камней диаметром 3...5 мм можно также использовать трубку соответствующего размера. Сколачивание в данном случае — это процесс придания цилиндрической заготовке конической формы за счет обжатия нижнего основания в матрице с коническими отверстиями (рис. 76) или уменьшения диаметра нижнего основания. Такие матрицы называют проколотками. Расколачивание — это процесс получения конической формы за счет увеличения верхнего основания заготовки до размера камня. Каст по размеру камня делают с учетом выборки посадочного гнезда для камня. Расколачивание производят коническим пуансоном — расколоткой (рис. 77...78). В обоих случаях пайка шва заготовки

Рис. 77. Расколачивание каста

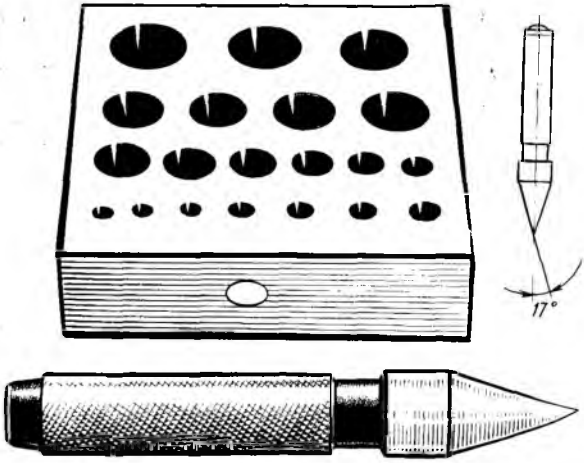



Рис. 78. Матрица (проколотка) и пуансон (расколотка) для приготовления и правки кастов

должна быть произведена заранее, толщина стенки заготовок такого размера в пределах 0,4...0,6 мм. Делая такие касты не из трубчатой заготовки, а из проката, длину заготовки берут по формуле расчета длины заготовки на обручальные кольца, а за ширину принимают высоту каста. Заготовку с запиленными на месте будущего шва концами сворачивают круглогубцами в кольцо и фугуют (плотно стягивают шов), проколачивая через отверстия проколотки до образования плотного шва. Шов (фугу) запаивают и цилиндрической заготовке придают коническую форму. Правят касты конической расколоткой в конической матрице. Такое обжатие дает ровную поверхность и предохраняет от разрыва по фуге. Касты для камней диаметром больше 5 мм при индивидуальном исполнении расколачивают как расколотками соответствующих размеров, так и на шпераке (рис. 79). Глухие конические касты таких размеров делают из проката. Толщина проката выбирается в зависимости от размера камня (чем больше камень, тем толще стенка каста), прочности камня (чем хрупче камень, тем тоньше стенка каста), мягкости металла (имеется в виду характеристика данного сплава). Для камней в пределах 12 мм толщина проката будет в интервале 0,6... 0,8 мм. Главными исходными при расчете каста являются параметры (размеры) камня, затем конструктивные особенности изделия или условия заказчика. Процесс изготовления каста на шпераке заключается в следующем: цилиндрическую заготовку сворачивают из проката, спаивают по фуге и расколачивают на шпераке в конус до размера камня.

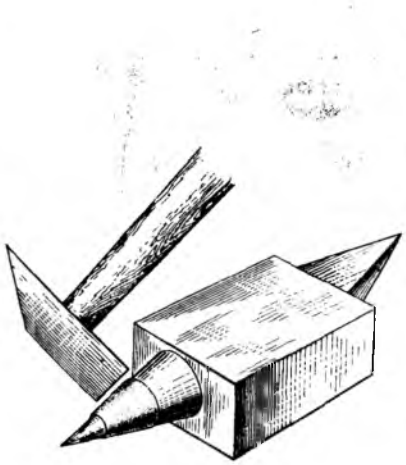


Рис. 79. Расколачивание каста на шпераке

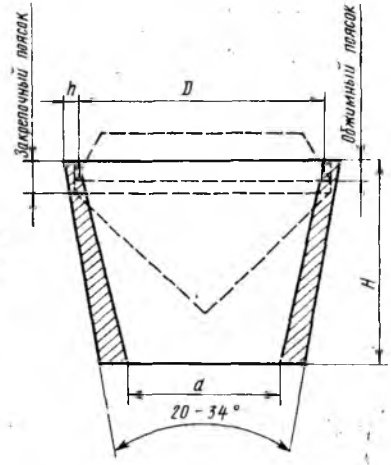



Рис. 80. Схема посадки камня в глухой конический каст:

$D$ — размер каста (внутренний диаметр верхнего основания), $h$ — толщина стенки каста, $d$ — внутренний диаметр нижнего основания, $H$ — высота каста

Ширина заготовки в любом случае диктуется высотой камня и слагается из высоты павильона камня, толщины рундиста и высоты (рис. 80) обжимного пояска (верхней части каста, оставленной для закрепки камня). Размеры павильона и рундиста снимаются непосредственно с камня. У небольших камней снимают высоту всего камня, а высоту обжимного пояска оставляют 0,5...1,0 мм. Запас от шипа камня до нижнего основания каста получается вытяжкой во время расколачивания на шпераке.

Длина заготовки зависит и от диаметра камня, и от его высоты. При определенной конусности с увеличением высоты каста будет увеличиваться и разница между диаметрами нижнего и верхнего оснований каста. Для расколачиваемого каста цилиндрическую заготовку делают по размеру малого основания, чтобы затем расколотить на него конус с размером большого основания, равным камню. Соотношение высоты каста (ширина заготовки и разницы диаметров оснований) 3:1. Например, у каста высотой 6 мм разница между диаметрами верхнего и нижнего оснований должна быть 2 мм, у каста высотой 9 мм — 3 мм и т. д. Длину заготовки на касты рассчитывают по упрощенной формуле для расчета обручальных колец с учетом конусности каста. Например, для каста с диаметром большого основания $D$ — 10 мм, высотой $H$ — 9 мм и толщиной стенки $h$ — 0,8 мм расчет будет таким: диаметр малого основания $d$ равен $10-3=7$ мм; длина заготовки по малому диаметру $3d+4h=3\cdot7+4\cdot0{,}8=24{,}2$ мм. Формулы для расчета диаметра малого основания по размеру камня (диаметру верхнего основания) относительно толщины и ширины проката приведены в табл. 22.

Таблица 22. **Формулы расчета длины заготовки на касты**

| Высота каста, мм | Толщина стенки каста, мм | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| 3 | $3D$ | $3D$ | $3D+0{,}6$ | $3D+1{,}0$ | $3D+1{,}4$ | $3D+1{,}8$ |
| 4 | $3D-2{,}2$ | $3D-0{,}8$ | $3D-0{,}4$ | $3D$ | $3D+0{,}4$ | $3D+0{,}8$ |
| 5 | $3D-2{,}2$ | $3D-1{,}8$ | $3D-1{,}4$ | $3D-1{,}0$ | $3D-0{,}6$ | $3D-0{,}2$ |
| 6 | $3D-3{,}2$ | $3D-2{,}8$ | $3D-2{,}4$ | $3D-2{,}0$ | $3D-1{,}6$ | $3D-1{,}2$ |
| 7 | $3D-4{,}2$ | $3D-3{,}8$ | $3D-3{,}4$ | $3D-3{,}0$ | $3D-2{,}6$ | $3D-2{,}2$ |
| 8 | $3D-5{,}2$ | $3D-4{,}8$ | $3D-4{,}4$ | $3D-4{,}0$ | $3D-3{,}6$ | $3D-3{,}2$ |
| 9 | $3D-6{,}2$ | $3D-5{,}8$ | $3D-5{,}4$ | $3D-5{,}0$ | $3D-4{,}6$ | $3D-4{,}2$ |
| 10 | $3D-7{,}2$ | $3D-6{,}8$ | $3D-6{,}4$ | $3D-6{,}0$ | $3D-5{,}6$ | $3D-5{,}2$ |
| 11 | $3D-8{,}2$ | $3D-7{,}8$ | $3D-7{,}4$ | $3D-7{,}0$ | $3D-6{,}6$ | $3D-6{,}2$ |
| 12 | $3D-9{,}2$ | $3D-8{,}8$ | $3D-8{,}4$ | $3D-8{,}0$ | $3D-7{,}6$ | $3D-7{,}2$ |
| 13 | $3D-10{,}2$ | $3D-9{,}8$ | $3D-9{,}4$ | $3D-9{,}0$ | $3D-8{,}6$ | $3D-8{,}2$ |
| 14 | $3D-11{,}2$ | $3D-10{,}8$ | $3D-10{,}4$ | $3D-10{,}0$ | $3D-9{,}6$ | $3D-9{,}2$ |
| 15 | $3D-12{,}2$ | $3D-11{,}8$ | $3D-11{,}4$ | $3D-11{,}0$ | $3D-10{,}6$ | $3D-10{,}2$ |

Примечание. Формулы для расчета длины заготовки на касты при толщине стенки каста более 1,0 мм могут быть использованы для крапановых кастов.

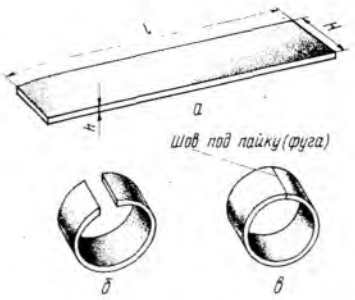



Рис. 81. Стадии изготовления каста:

*а* — заготовка, *l* — длина, *H* — ширина (высота каста), *h* — толщина (толщина стенки каста); *б* — свернутая в кольцо заготовка; *в* — сфугованная заготовка

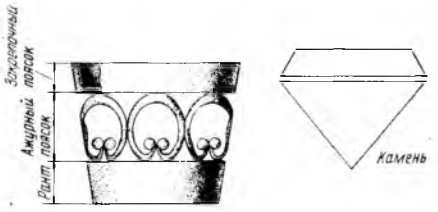



Рис. 82. Уровень посадки камня в глухой ажурный каст

Для примера рассчитаем по формуле, приведенной в табл. 22, длину заготовки на тот же каст диаметром 10 мм, высотой 9 мм, толщиной стенки 0,8 мм: $3D-5{,}8=3\cdot10-5{,}8=24{,}2$ мм. Обычно высота каста увеличивается с увеличением его диаметра, постоянная высота каста бывает только у стандартных камней. Так, высота 10-миллиметрового каста может быть от 6 до 9 мм, а в некоторых случаях и больше. Однако безгранично расти высота каста тоже не может, и даже у камней диаметром более 20 мм высота каста редко превышает 15 мм.

Заготовку на каст (рис. 81, *а*) сворачивают в кольцо (рис. 81, *б*) и фугуют круглогубцами. Сфугованную заготовку (рис. 81, *в*) спаивают по фуге. После отбеливания приступают к расколачиванию на шпераке. Располагают шперак коническим рогом от себя и на него до упора надевают цилиндрическую заготовку (см. рис. 79). Расколачивают заготовку металлическим молотком, пальцами вращая заготовку и расклепывая ее стенки по окружности ближнего к себе (к утолщению рога) края. По мере расклепывания каст глубже садится на рог и все большая площадь захватывается молотком для удара. Вращая каст по окружности и равномерно распределяя удары, следят за тем, чтобы каст принимал ровную конусность, стенки нижнего (малого) основания при этом почти не расклепывают, их правят до образования окружности. В процессе расколачивания каст меряют по камню, и когда размер каста приблизится к норме для точного определения, верхнее основание запиливают напильником и камень накладывают на каст. Диаметр камня должен быть меньше наружного диаметра каста и больше внутреннего, так чтобы для закрепки камня оставалось 0,4...0,5 мм стенки.

После расколачивания каст отжигают (иногда отжиг проводят в процессе расколачивания) и обрабатывают. Нижнее основание каста запиливают напильником параллельно верхнему и

перпендикулярно оси, а снаружи каст опиливают, выравнивая забоины и другие дефекты. Крупные касты опиливают в руках, а мелкие насаживают на деревянные цигалки (стержни). Если каст запланирован гладким, без прорезного (ажурного) узора, то после опиливания изготовление круглого каста считают законченным.

Ажурный каст для глухой закрепки камня (рис. 82) имеет сквозной, прорезной узор. В заготовке отличается от гладкого каста тем, что высоту припускают на 1,0 мм больше. Для получения ажурного каста сначала изготовляют гладкий. Таким образом, гладкий каст является полуфабрикатом ажурного. Процесс изготовления ажурного каста из гладкого начинается с разметки. Опиленный каст циркулем размечают по высоте на три пояса: верхний — закрепочный, нижний — рант и средний — ажурный. Высота закрепочного пояска зависит от высоты рундиста камня ($h_р$) и высоты бортика — припуска для захвата (закрепки) камня. Обычно высота обработанного закрепочного пояска равна $h_р + 1{,}5$ мм, с увеличением размера камней — $h_р + 2{,}0$ мм. Бортик оставляют 0,5...1,0 мм, нижняя часть пояска образует карниз (упор) для камня. Высота ранта диктуется видом украшения.

Для колец, например, высота его от 2 до 4 мм, в редких случаях больше, что зависит от диаметра каста и размера кольца (чем больше диаметр каста и меньше размер кольца, тем выше должен быть рант).

Диктуется это тем, что в собранном виде в кольце нижняя часть каста выпиливается сегментом по диаметру кольца. Чем больше размер каста и чем меньше размер кольца, тем глубже делается вырез в нижней части каста.

Для остальных изделий рант может быть от 1,5 до 2,5 мм. Высота ажурного пояска ограничивается закрепочным пояском и рантом.

Разметив каст по высоте, приступают к вычерчиванию узора на ажурном пояске (рис. 83, *а*). Четко вычерченный контур рисунка облегчает вырезание узора. Весь узор каста вырезают лобзиком и, где возможно, обрабатывают надфилями. Участки, которые по условию рисунка должны быть вырезаны, предварительно засверливают, если они замкнуты элементами узора. Участки, прилегающие к ранту или закрепочному пояску, не засверливаются. Для удобства вырезания и обработки узора каст расчленяют по пояскам. Вначале лобзиком отрезают закрепочный поясок (рис. 83, *б*). Открытые участки, подлежащие вырезанию, на ажурном пояске удаляют, внешний контур рисунка обрабатывают начисто и шабруют. Затем закрепочный поясок припаивают и отрезают рант (рис. 83, *в*). Дальнейшее вырезание узора — удаление участков замкнутых и прилегающих к ранту — производят после отрезания ранта. Наружный контур узора обрабатывают, шабруют и после этого припаивают рант (рис. 83, *г*). Спаивая расчлененный каст, следят за тем, чтобы пояски полно-

стью совместились, иначе придется опиливать каст повторно, после чего стенки могут оказаться тонкими.

Внутренний контур узора удобнее обрабатывать после полной сборки каста.

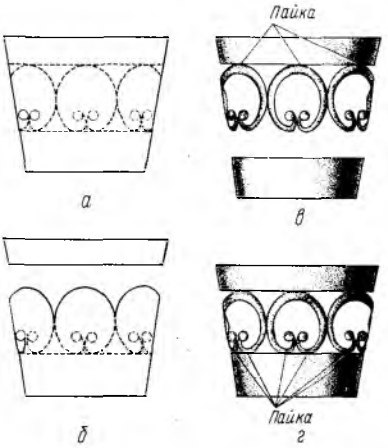



Рис. 83. Стадии изготовления ажурного каста:

*а* — разметка, *б* — отделение закрепочного пояска и обработка верхней части ажурного пояска, *в* — припайка закрепочного пояска, отделение ранта, обработка ажурного пояска, *г* — сборка и обработка каста

В отличие от высоких кастов, рассчитанных по полной высоте камня, существуют низкие глухие касты, которые изготавливают для камней с плоским основанием. Низкий глухой каст (рис. 84) является практически закрепочным пояском. Высота его определяется так же, как высота закрепочного пояска ажурного каста. В низкие касты вставляют камни без шипа — кабошоны, таблицы, геммы и др. Основой (карнизом) высоких и низких кастов служит плоский, припаянный снизу рант, на который плотно садится плоское основание камня. В отличие от других глухих кастов низкий глухой каст делают цилиндрическим, рассчитывая длину заготовки по формуле расчета заготовки на обручальное кольцо. Убедившись, что размер каста совпадает с размером камня (в данном случае камень должен плотно входить внутрь каста), нижнее основание выравнивают напильником и припаивают к пластине (будущему ранту) толщиной 0,8...1,0 мм. Пластину выбирают таких размеров, чтобы оправа полностью уместилась на ней, а толщина ее обеспечивала жесткость каста в зависимости от его размеров. Напаянный на пластину каст опиливают по внешнему (чистовому) размеру, затем вырезают центральную часть пластины (донышко), оставляя внутренний рант 1,0...

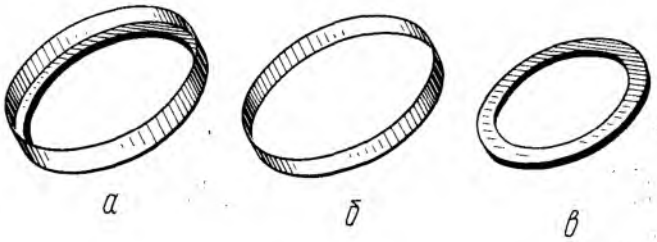



Рис. 84. **Глухой каст** для камня с плоским основанием:
*а* — общий вид, *б* — закрепочный поясок, *в* — рант

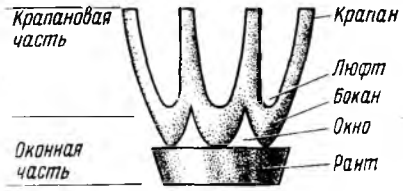



Рис. 85. Элементы крапанового каста

1,5 мм. Ширина ранта (карниза) определяется величиной и характеристикой камня. Если условиями образца не предусмотрены дополнительные элементы, например нижний рант или дикель, то после заправки внутреннего ранта изнутри каст можно считать готовым.

**Крапановые касты круглой формы.** Обычный крапановый каст (рис. 85) можно разделить на две части — верхнюю и нижнюю. Верхняя часть — крапановая — состоит из крапанов (стоек), которые при определенном расположении могут удержать камень, и люфтов — прорезей или вырезов, образованных крапанами.

Нижняя часть крапанового каста — оконная — может быть рассмотрена как решетка, состоящая из ряда шипов против каждого люфта, соединенных рантом. Выпиленные шипы, или боканы, в сочетании с припаянным снизу рантом образуют просветы (окна), ряд которых создает впечатление решетки. По сравнению с глухими кастами толщина крапановых делается больше, в связи с тем что конструкция каста ослаблена люфтами. Крапановые касты при толщине стенки до 1,2 мм считаются тонкостенными, свыше 1,2 мм — толстостенными.

Расчет заготовки крапанового каста аналогичен расчету заготовки глухого каста. Далее спаянный и расколоченный на конус каст размечают на крапановую и оконную части. В большинстве случаев крапановая часть занимает $^2/_3$, а оконная — $^1/_3$ всей высоты каста. Окружность крапановой части делят на число крапанов — их чаще всего 4, 6, 8; число крапанов и их ширина зависят от величины и образца каста. Определяют ширину крапанов, а свободные участки между ними (люфт) вырезают; форма люфта также определяется образцом. Люфт выравнивают и обрабатывают бормашиной или надфилями. Затем с противоположной стороны, на нижней части каста против каждого крапана надфилями запиливают глубокую всечку до начала образования сквозной прорези. Образованные боканы выравнивают и заправляют шабером (шабруют). Под нижнее основание подводят конический рант, рассчитанный по внутреннему диаметру нижнего основания; толщина стенки ранта 0,8...1,0 мм, а высота его зависит от величины и назначения (для кольца, серег, броши и т. д.) каста. Подогнанный рант привязывают к нижнему основанию каста вязальной проволокой (биндрой) так, чтобы все шипы плотно касались ранта. В качестве вязальной используют нихромовую проволоку, которую не смачивают припоем. Если какой-либо из шипов висит, то все остальные припиливают до его размера. Припаивают каждый шип отдельно мелко нарезанными партинками (порциями) при-

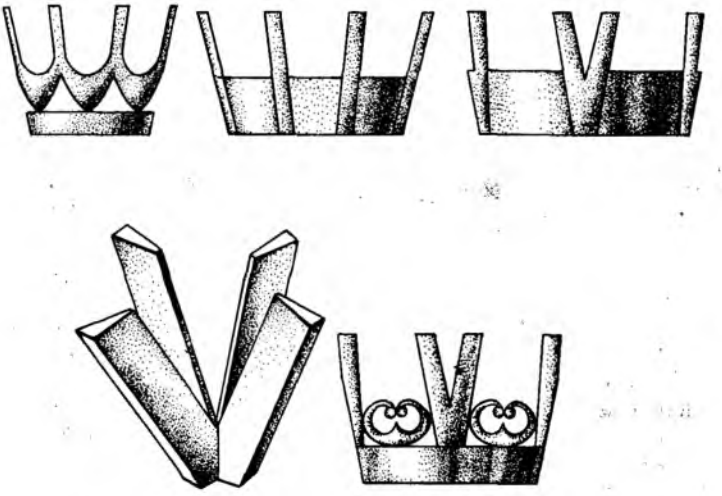


Рис. 86. Разновидности крапановых кастов

поя. После сборки и отбеливания каста рант заправляют мелким надфилем и шабером.

На рис. 86 приведены основные виды крапановых кастов.

К разряду тонкостенных кастов относятся крапановые ажурные касты и касты с напайными крапанами. От обычных они отличаются тем, что в промежутках между крапанами (в люфтах) имеют прорезной узор. Изготовление их мало чем отличается от изготовления после расколачивания гладкой заготовки и разметки на нем узора, но крапановый ажурный каст расчленяется не на три пояска, а на два — на рант и собственно каст. Вырезание внешнего контура узора начинают снизу, со стороны ранта, затем через просверленные отверстия лобзиком вырезают внутренний, замкнутый контур узора. После обработки внешнего контура узора рант припаивают на прежнее место, а вырезание продолжают с противоположной стороны сверху. Сначала вырезают определенной длины крапаны, а потом верхний внешний контур узора.

Каст с напайными крапанами изготовляется несколько иначе: отдельно делают основу каста и крапаны, а потом их собирают. Основу делают, как правило, в виде невысокого гладкого каста, чаще конического, но иногда и цилиндрического. В любом случае размер основы должен быть меньше диаметра камня. А так как основа делается из проката 0,8...0,9 мм, внешний диаметр основы и диаметр камня почти совпадают. Если по образцу камень должен лежать на основе, то заготовка для крапана берется толщиной 0,7...0,8 мм, если камень должен крепиться в крапанах, не касаясь основы, — крапаны делают из заготовки

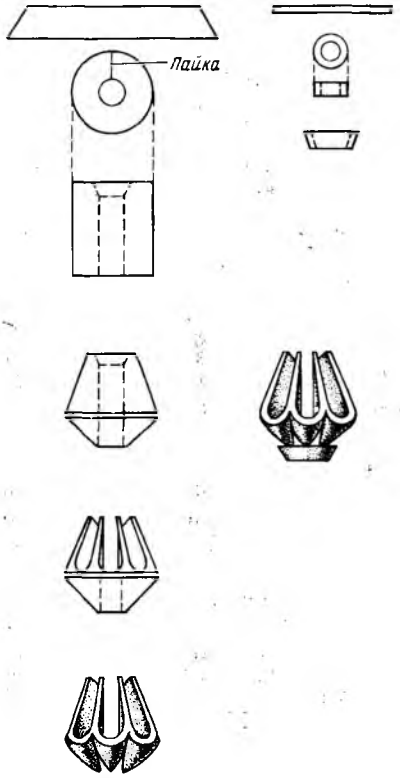



Рис. 87. Схема изготовления серебристого каста

толщиной 0,9...1,0 мм. От этого зависит длина (высота) крапанов. Чаще всего напайные крапаны держат камень с четырех сторон, поэтому крапаны делаются шире обычных или *V*-образной формы. Крапаны напаивают на основу каста, сохраняя симметричность расположения. Достигается это последовательной пайкой противолежащих крапанов. Общая высота собранного крапанового каста с напайными крапанами соответствует высоте обычного. Обработка каста заключается в выравнивании крапанов по высоте, запиливании нижнего основания заподлицо с крапанами и заправке припоя.

Толстостенные касты в изготовлении более трудоемки, но более эффектны. Один из ярких представителей таких кастов носит название «серебристый» (рис. 87). Это традиционный русский каст; изготовляется в основном под бриллианты из драгоценных металлов белого цвета — белого золота, платины, серебра, откуда и получил свое название. Толщина проката для серебристых кастов колеблется от 1,5 до 3,0 мм и увеличивается с увеличением размера камня. Прокат толщиной 1,5 мм используют для камней диаметром до 5 мм. Концы заготовки запиливают под углом 45°, металл перед гибкой хорошо отжигают и с помощью круглогубцев и металлического молотка изгибают в кольцо. Заготовку фугуют проколачиваением в коническом отверстии проколотки до образования внутреннего отверстия заготовки на 1,5...2,0 мм меньше размера камня. Затем фугу пропаивают. Со стороны верхнего основания каста сверлом или бором выбирают гнездо под камень нужного размера. Далее заготовку размечают на крапановую ($^2/_3$ высоты) и оконную части. Нижним основанием заготовку жестко укрепляют в специальных держателях, для чего используют цангодержатель с набором разжимных цанг или просто припаивают оловом к торцу металлической трубки. Всю крапановую часть опиливают грубым

напильником на конус до раззенкованного отверстия, оставляя вокруг него поясок не более 1 мм. Окружность крапановой части делят на количество частей, равное количеству крапанов (6 или 8), определяют ширину крапана и приступают к вырезанию люфтов.

Люфты выбирают фрезами бормашины или лобзиком, постепенно углубляя каждую противолежащую пару. Люфт делают на глубину всего крапанового конуса, причем при вырезании люфтов следят за тем, чтобы не срезалась внутренняя часть крапанов, иначе увеличится в диаметре внутреннее отверстие каста.

Обработку крапанов и люфтов производят фрезами бормашины соответствующего профиля, а окончательную заправку шабером.

Затем следует обработка нижней части каста, для чего заготовку укрепляют крапановой частью на деревянном держателе (коническом стержне). Нижнюю часть каста тоже опиливают на конус до внутреннего отверстия и на конической поверхности против каждого крапана делают трехгранным напильником или надфилем глубокие всечки. На выходе всечки образуют сквозные прорези (окна), а в широкой части просекают каст до крапана, тем самым выделяя люфты в виде лепестков. Потом опиливают боканы до получения округлой формы и шабруют. Рант для каста делают коническим, рассчитывают его по внутреннему диаметру каста; толщина заготовки 0,8...1,0 мм, высота 2...2,5 мм. После припайки ранта к оправе каст заправляют надфилем и шабруют.

**Касты других форм.** Оправа — это средство удержания камня, и в большинстве случаев она копирует его форму. Хотя принцип удержания камня в оправах различных форм одинаков, технология изготовления кастов для камней различной формы не всегда совпадает. При индивидуальном изготовлении изделий принцип выбора оправы для камней различного контура одинаков. Для прозрачных камней, ограненных полной огранкой, делается высокий конический каст, если он имеет самостоятельное значение (является основным украшающим элементом). Если же каст готовится для вмонтирования в верхушку, то его делают минимальным по высоте из расчета, что нижняя часть камня будет находиться в полости верхушки. Если задача художника или мастера максимально показать красоту камня, его форму и огранку, то каст делают крапановым с максимально тонкими крапанами. Если цель авторов скрыть некоторую погрешность формы, дефекты по рундисту, предохранить камень из «мягкого» или хрупкого материала от разрушения или придать за счет оправы эффект большего размера, то оправу делают глухой. Для камней с плоским основанием, кабошонов, таблиц делают низкие касты с опорным рантом. Если художественный замысел предусматривает высокую посадку камня с плоским основанием, то опорный рант каста размещают на более высо-

ком уровне. Оправу под камни с выпуклым основанием (жемчуг, коралл) делают вогнутой по форме вставки, обрамлением и опорой служит сам ложемент (ячейка), а средством крепления чаще всего впаянный в оправу штифт.

Овальные касты по технологии изготовления очень близки к круглым, даже расчеты заготовки производят на равнозначный овальному круглый каст. Но если овал определяется малой и большой осью, то диаметр равнозначного круга — средней арифметической величиной данных осей. Процессы изготовления овального и круглого кастов совпадают до момента опиливания после расколачивания. Расколоченный до нужного размера каст круглой формы отжигают и легкими ударами молотка сплющивают с боков до необходимого размера по ширине (малой оси). Сплющивание рекомендуется производить со стороны фуги. Затем правильность овала по камню и точный размер подгоняют на шпераке, выравнивают верхнее и нижнее основания и после этого каст опиливают. Вся дальнейшая обработка каста, глухой ли он или крапановый, гладкий или ажурный, совпадает.

Расчетную ширину проката для овального каста необходимо взять на 1,0...2,0 мм (в зависимости от размеров камня), больше, чем для круглого, так как после сжатия с боков конуса верхнее и нижнее основания получат изгиб вдоль большой оси. Для выравнивания оснований необходимо спилить напильником по 0,5...1,0 мм с каждой стороны.

**Касты формы «капля»** имеют несложный, но отличный от вышеописанных форм процесс изготовления. Толщина заготовки для этих кастов определяется, как и для круглых, в зависимости от величины вида каста (глухой или крапановый), а также характеристики камня. Ширина заготовки (высота камня) берется, как и для всех других форм, в зависимости от высоты камня, длина же ее определяется длиной контура камня. Практически длину заготовки определяют, сгибая ее по форме камня, как бы обтягивая его, при этом фуга должна находиться против острой части (хвоста) камня. Гибку осуществляют с помощью круглогубцев, зажимая ими середину заготовки, если же размер камня в утолщенной его части превышает диаметр круглогубцев, то заготовку сгибают на ригеле соответствующего диаметра. Подогнав таким образом длину заготовки под размер камня, получают неспаянный каст с вертикальными стенками. Чтобы каст получился обуженным книзу, концы заготовки обрезают снизу под углом примерно 30°. Если такую заготовку представить в развернутом виде, то она будет в форме трапеции, верхнее основание которой равно длине контура камня, а нижнее — меньше верхнего на расстояние, срезанное под углом 30°.

Концы заготовки с внутренней стороны запиливают под острым углом и сфуговывают по форме камня. Для полного плотного прилегания концов и получения качественной фуги каст связывают биндрой, а соединение пропаивают. В результате запиливания концов заготовки размер каста относительно камня

уменьшается, поэтому для подгонки размера каста и получения наклонной (с расширением кверху) стенки в широкой его части широкую часть каста расколачивают на шпераке до размера камня. Дальнейшая обработка данного каста проходит аналогично обработке круглых, в зависимости от того, каким в итоге должен получиться каст — глухим или крапановым, гладким или ажурным и т. д.

Процесс изготовления **каста формы «маркиза»** близок к предыдущему. Толщину и ширину заготовки выбирают по тому же принципу. Каст состоит из двух боковых половинок, спаянных между собой. Длина одной половинки каста равна длине дуги половины камня и практически определяется непосредственно по камню. Длину заготовки берут с небольшим запасом в расчете на то, что при припиливании половинок друг к другу размер каста уменьшится. Отрезав заготовки и изогнув прокат дугой, равной радиусу дуги камня, получают две половинки каста, которые при совмещении образуют вертикальные стенки. Чтобы стенки получились наклонными, сужающимися книзу, концы половинок каста обрезают под углом 30° подобно тому, как это было описано выше. Концы дугообразных половинок со стороны совмещения запиливают на плоскость, контролируя размер совмещенных половинок камнем. Убедившись в плотности прилегания концов совмещенных половинок, каст связывают биндрой и запаивают. Дальнейшая обработка подобна обработке кастов круглой формы. После основной обработки каста, независимо от его вида, наружные острые углы, особенно в нижней части, слегка закругляют.

Начальный процесс изготовления прямоугольных кастов выглядит несколько иначе. Исходным размером для расчета длины заготовки является периметр камня. Как и другие высокие касты, прямоугольные должны быть обужены книзу, поэтому и длина заготовки берется меньшего размера, чем сумма сторон каста. Аналогично круглым кастам длина заготовки для прямоугольных кастов зависит от разницы между верхним и нижним основанием, которая увеличивается с увеличением высоты каста. Для кастов средней высоты (6...8 мм) длина заготовки будет на 4 мм короче периметра камня, а значит, каждая сторона каста на 1 мм короче стороны камня. На прокате определенной толщины и ширины циркулем отмечают линии сгиба, т. е. будущие стороны каста. Отмеченные на месте сгиба риски высекают четырехгранным надфилем приблизительно на половину толщины проката и по всечкам заготовку сгибают под прямым углом, получая прямоугольный каст с вертикальными стенками. Каст плотно сфуговывают, если необходимо, связывают и пропаивают. В первую очередь пропаивают фугу, а затем каждую всечку. Спаянный каст после отбеливания и промывки просматривают, чтобы во внутренних углах его не осталось остатков буры. Если в углах каста обнаруживают натеки припоя, то углы заправляют надфилем. После этого стороны каста расколачивают на прямо-

угольном роге шперака под размер камня, последовательно по две противолежащие стороны. На этом общая часть процесса изготовления прямоугольных кастов заканчивается. Дальнейшая обработка зависит от вида каста.

При изготовлении прямоугольных кастов с усеченными углами всечек в местах сгиба не делают, поэтому длина заготовки берется меньшей, чем в обычных кастах. Гибку сторон под прямым углом производят плоскогубцами, а фугу располагают не на углу, как у обычного, а на стороне каста. После пайки каста стороны его расколачивают на шпераке в той же последовательности, не доводя углы до заострения. В момент, когда каст еще не достиг размеров камня, на кончике того же рога шперака расколачивают углы каста, подгоняя ширину среза угла и общий размер каста под камень.

**Производительные методы изготовления кастов.** Для облегчения труда рабочих при производстве ювелирных украшений со стандартными камнями и выпуске изделий значительными партиями при изготовлении кастов применяются штампованные полуфабрикаты, специальные приспособления для фуговки и расколотки кастов.

Штампованные полуфабрикаты бывают в виде галерки — нарубленной штампом по определенному размеру гладкой ленты и ленты с вырубленными узорами для глухих и крапановых кастов; гладких конических кастов, полученных путем пробивки и вытяжки; серебристых кастов, имитирующих толстостенные и полученные путем вырубки, пробивки, вытяжки и гибки, и др.

Изготовляют касты из штампованной галерки гладкой и ажурной для глухих и крапановых кастов следующим образом. Галерки с предварительно запиленными концами сфуговывают в специальном приспособлении. Приспособление представляет собой металлическую плиту с двумя подвижными щечками (ползунками), которые с помощью ручек приводятся в движение и и прижимают (оборачивают) галерку вокруг стержня, имеющего форму и размеры внутреннего диаметра каста в нерасколоченном состоянии. Затем касты пропаивают по фуге. Во время серийной пайки касты целесообразно размещать на леткале в ряд или в несколько рядов и пользоваться припоем, нарезанным полосками (палочками), отсекая от них нужное количество на прогретый до температуры пайки каст.

Отбеливание, промывку и сушку также проводят массовым порядком, после чего касты расколачивают.

Для расколачивания кастов применяют специальные пуансоны (расколотки) — стержни с рабочей частью по форме камня, суживающейся книзу под углом 20°. После расколачивания такой расколоткой каст приобретает форму и размеры заданного для него камня, поверхность же каста остается в лучшем состоянии, чем при расколачивании на шпераке, и подлежит лишь легкой заправке.

Цельноштампованные полуфабрикаты в виде гладких глухих

кастов на всей поверхности в результате вытяжки имеют вертикальные риски, а потому подлежат опиливанию.

Штампованные крапановые касты (серебристые), полученные для монтировки, заправляют надфилем и шабером, после чего к ним изготовляют ранты. При массовой сборке кастов с рантами можно пользоваться напиленным (типа филигранного) припоем. Собранные касты в нижней части заправляют надфилем и шабером.

Касты, полученные литьем по выплавляемым моделям, могут иметь сложнейшую конструкцию и имитировать любую ручную работу — ажурную, наборную и др. И если по образцу каст должен быть с рантом, то литейный полуфабрикат (каст) идет прямо с рантом. Литые касты, как и штампованные, подлежат заправке.

## 7.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВЕРХУШЕК И РАНТОВ

Верхушка из кастов плоская (не имеющая общей выпуклости) может быть собрана на леткале последовательным припаиванием одного каста к другому. Если касты не должны плотно прилегать друг к другу, их паяют на жилках. Нижнее основание каста всекают лобзиком диагонально на глубину жилки (провальцованной на плоскость проволоки) и насаживают на нее. Жилку предварительно изгибают соответственно расположению кастов, затем размещают на ней касты с необходимым интервалом и припаивают их к жилке. При многоядерном расположении несколько собранных на жилках кастов спаивают между собой.

Верхушки, имеющие общую кривизну (выпуклость), удобно собирать на монтировочной массе, в качестве которой может служить смесь каолина с асбестом или огнеупорный гипс. Размягченная водой каолиноасбестовая масса лепится по форме верхушки и усаживается кастами так, как указано на образце. Места пайки офлюсовывают жидким раствором и высушивают горелкой. При большом количестве мест паек целесообразно паять напиленным припоем, который при равномерном нагревании изделия позволяет одновременно пропаять все соединения. Собранную верхушку с монтировочной массой кладут в воду, масса размягчается и может быть использована при следующей сборке.

Для сборки наборной верхушки на гипсовой массе из пластилина делают слепок нужной формы и усаживают его таким же способом, как и в предыдущем случае. Затем в куске картона делают вырез по форме верхушки и надевают на слепок так, чтобы верхушка слегка возвышалась над площадкой. После этого верхушку заливают гипсовым раствором (раствор уплотняется легким постукиванием по слепку), картонная площадка предохраняет раствор от стекания. Слепок, залитый гипсом, устанавливают верхушкой вверх до полного затвердевания раствора. Потом пластилиновый слепок отделяют от затвердевшего гипса и снимают картон. Оголившиеся основания кастов обезжиривают, офлюсовывают и

Рис. 88. Кольцо с камнем в гладкой верхушке

Рис. 89. Анка с набором пунзелов

спаивают. После пайки гипс растворяют в горячем отбеле (в отдельной отбельнице) и смывают в воде жесткой щеткой.

Верхушка считается гладкой (рис. 88), если она изготовлена из проката без кастов (для отделки гравировкой) или в виде ободка вокруг каста (нескольких кастов). Толщину проката для гладкой верхушки берут в зависимости от заданной массы изделия, но не тоньше 0,7 мм. Изготовление плоских верхушек элементарно — на прокате вычерчивают ее контур, вырезают и опиливают по контуру. Но, как правило, верхушка имеет криволинейную поверхность (выпуклость, а иногда и вогнутость). Процесс изготовления ее проходит следующим образом.

На плоском прокате, отожженном и затемненном (при отжиге на воздухе металл покрывается темной пленкой оксида), вычерчи-

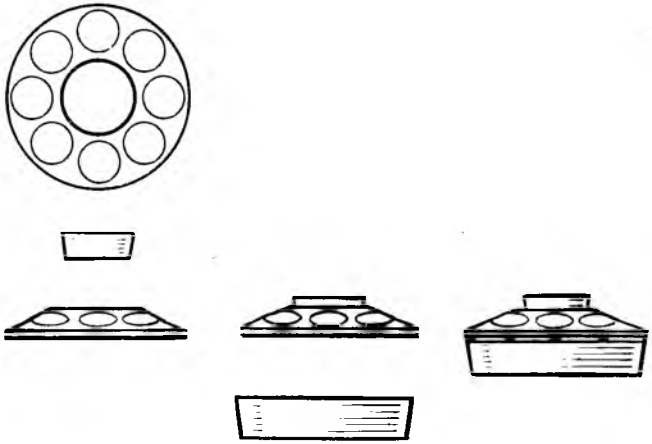


Рис. 90. Схема изготовления верхушки с гладким контуром

вают контур верхушки, и если в ней планируется размещение кастов, то размечают сразу и это. Заготовку обрезают по контуру и опиливают. В зависимости от формы контура, верхушки и кривизны поверхности ее бухтеруют (придают кривизну) в анке (рис. 89), свинцовой матрице или дереве пунзелами — стержнями с шарообразной рабочей частью. При сложной или глубокой вытяжке заготовку подвергают промежуточному отжигу, а после завершения этой операции — окончательному. Полученную кривизну поверхности правят, чтобы контур верхушки был параллельным. У большинства изделий контур верхушки должен находиться в плоскости, а у браслетов и иногда колец — искривлен по дуге внутрь. В первом случае верхушку правят на правочной плите, во втором — на ригеле соответствующего диаметра. Основание верхушки допиливают напильниками и надфилями до появления ровного по ширине пояска. Если верхушка размечена для размещения кастов, то в ней вырезают отверстия, в которые впасовываются предварительно изготовленные и обработанные касты. В том случае, когда каст должен находиться в верхушке с просветом, его сажают на жилки, которые либо предварительно напаивают на каст, либо оставляют во время вырезания отверстия, а само отверстие в верхушке делают больше на ширину просвета. Касты плотно впасовывают в эти отверстия и припаивают.

Сложными по изготовлению считаются верхушки с большим скоплением камней, когда центральную оправу обрамляют более мелкие камни. Такие верхушки называют кармазированными или кармазиновыми (от слов кармазиринг или, как чаще называют ювелиры, кармазельник), которые могут различаться по форме или способу закрепки усадочных камней. Контур верхушки может быть ровным или лепестковым (с выделением каждого камня). По способу закрепки (удержания камня) — корневой, т. е. страховки камней шариками, выделенными из металла (корнерами); обжимной (удержание камня за счет контурного обжатия); крапановой. Для каждого вида кармазиринга своя технология ручного изготовления.

При варианте глухого центрального каста и ровного контура верхушки (рис. 90) усадочные камни крепятся корнерами. Толщина заготовки 1,2...1,5 мм в зависимости от размера камней. Чем больше камни, тем толще заготовка. Начальная стадия изготовления такой верхушки сходна с гладкой, включая операцию правки основания верхушки на правочной плите. Далее проверяют разметку на верхушке и вносят поправки в случае искажения. При разметке усадочных камней необходимо сделать поправку на то, что, чем глубже будут «садиться» камни, тем плотней они будут «прижиматься» друг к другу и к центру. Поэтому если по замыслу камни должны сидеть плотно друг к другу, то на поверхности верхушки они должны лежать с зазором. Сверление производят по разметке сразу для всех камней диаметром меньше разметочного. Отверстие под центральный каст, изготовленный заранее,

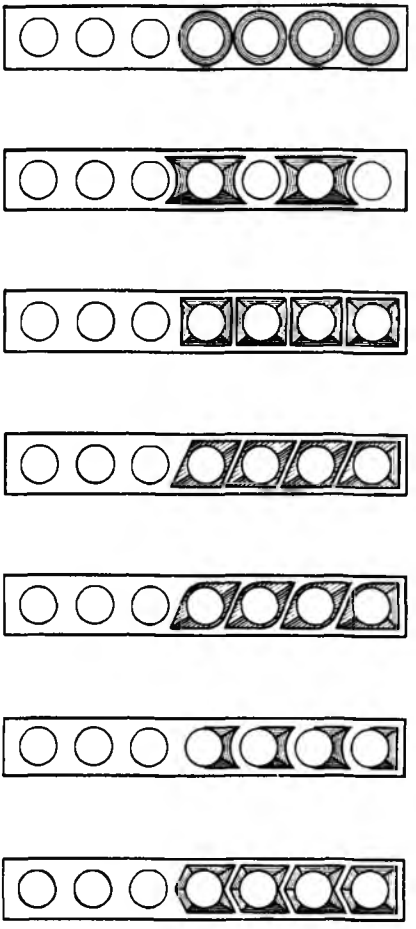


Рис. 91. Виды ажурной разделки под камень

выбирают (опиливают) в первую очередь и каст впасовывают (подгоняют) на такую глубину, чтобы нижнее основание его не выходило за пределы внутренней (обратной) поверхности. Затем выбирают отверстия под мелкие камни. Отверстия делают коническими с сужением примерно 20°. Если усадочные камни круглые, то отверстия подгоняются соответствующим коническим бором. Для нестандартных камней (с нарушением формы) отверстия выбираются лобзиком под тем же углом по контуру камня.

При индивидуальном исполнении изделий кроме лицевой стороны верхушки обрабатывают и обратную ее сторону. Обработка заключается в том, что все отверстия для мелких камней резко увеличивают лобзиком, в результате отверстия приобретают форму отлогой воронки. Эту операцию ювелиры называют «резать ажур под камень». Ажур может быть любой формы, но должен сочетаться с формой верхушки и расположением камней. Ряд разделанных таким образом отверстий образует красивый рисунок (рис. 91), просматривающийся только с тыльной стороны изделия. Делается ажур в первую очередь для того, чтобы дать возможность содержать камень в чистоте, избежать недоступных мест для промывки камня, так как застрявшие в недоступных нишах темные отложения меняют цвет бриллианта, а слой жира, легко прилипающий к бриллиантам, в значительной степени гасит их игру. После обработки отверстий для камней впаивают центральный каст. Верхушку опиливают в местах выделения припоя и неровности по контуру.

При варианте лепесткового кармазиринга (рис. 92) закрепка усадочных камней может планироваться в корнера, а может

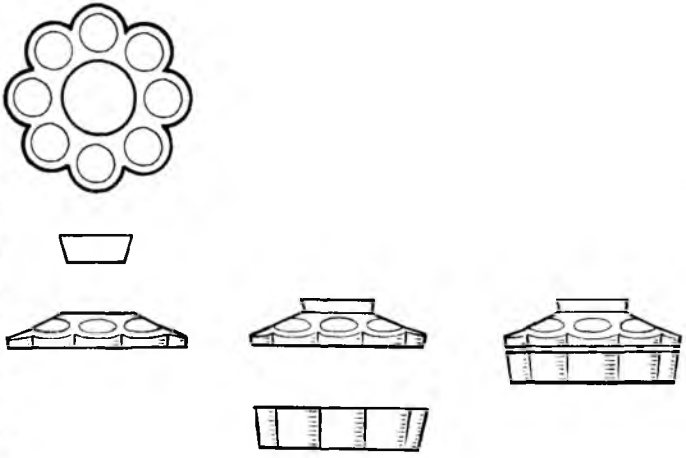


Рис. 92. Схема изготовления лепестковой верхушки

контурным обжатием камней. Для корнеровой закрепки технология изготовления верхушки мало чем отличается от предыдущей, а для закрепки обжатием отверстия под усадочные камни после подгонки по размеру и форме углубляются на глубину посадки камня. Для круглых камней это делается соответствующим коническим бором или специально заточенным сверлом, для нестандартных — штихелем. После этого по контуру заготовки делаются глубокие всечки между камнями и опиливают контур каждого камня, оставляя толщину стенки, способную на деформации 0,4...0,7 мм в зависимости от размера камней и сплава (серебро, золото различных проб). Схема изготовления крапанового кармазиринга (рис. 93) отличается от предыдущих. Центральный каст в большинстве случаев делается крапановым (хотя может использоваться и глухой). Деталь, в которую сажаются камни, — только лицевая часть верхушки. Камни припасовываются, как и в предыдущем случае, полностью (на окончательную глубину). Контурное опиливание проводят по окружности под углом к центру изгиба. Радиус опиливания доводят до касания отверстий усадочных камней. Затем впаивают центральный каст на таком уровне, чтобы на поверхности была только крапановая часть каста. После этого под размер лицевой детали изготавливают коническую царгу (типа глухого каста) с таким расчетом, чтобы лицевая деталь заподлицо входила внутрь царги. Для этого в верхнем основании царги снимают внутреннюю фаску, угол фаски должен совпадать с углом опиленного контура лицевой детали. Царгу делают с толщиной стенки не менее 0,9 мм, угол конусности зависит от образца (размера верхушки). Лицевую деталь впаивают в царгу, предварительно стянув их вязальной проволокой. Затем по контуру верхушки всекают углубления между камнями и опиливают контур каждого камня.

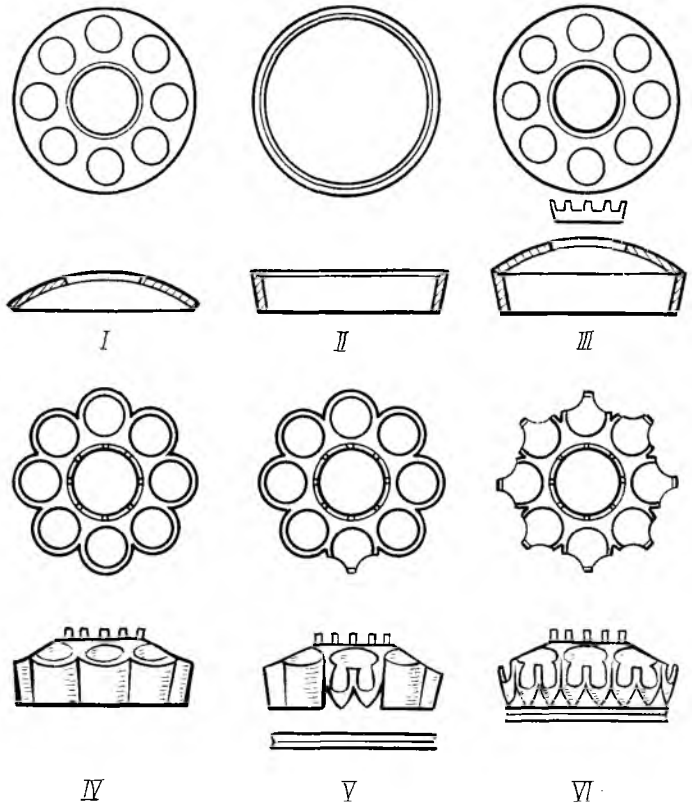



Рис. 93. Схема изготовления крапановой верхушки

Всечка делается по всей высоте верхушки, но глубина ее разная. В верхней части глубина задается отверстиями, в нижней — глубина всечки не более половины толщины стенки царги. Следующим этапом по контуру верхушки делают разметку крапановой части верхушки по уровню высоты и расположению. Как правило, высота крапанов диктуется высотой камней. Расположение крапанов всегда одинаково — один крапан оставляют посередине внешней дуги каждого отверстия, два других (смежные или разрезные) по концам дуг. Люфты выпиливают лобзиком, а обрабатывают тонкими цилиндрическими борами бормашины и шабером. На нижней части верхушки готовят оконную часть, для этого против каждого крапана делают сквозные всечки трехгранным надфилем или лобзиком (в зависимости от расстояния между крапанами). Всечки разваливают в бокан (шип) против каждого люфта и обрабатывают трехгранным или ножевидным надфилем. Выходящая наружу всечка делается высотой до крапана, затем все



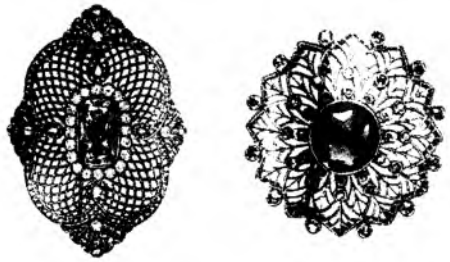


Рис. 94. Броши с ажурной вырезной верхушкой

обрабатывают шабером. В таком виде верхушка считается готовой для подпайки ранта.

Ажурную вырезную верхушку (рис. 94), разновидностям которой предела нет, делают также из проката 1,2...1,4 мм. Камни в верхушке могут быть закреплены в касты, мелкие царги, непосредственно в металл верхушки (в ее вырезанные элементы), в накладные элементы верхушки и т. д.

Вначале, как и обычно, изготовляют царги и касты, а затем приступают к разметке верхушки, которую осуществляют еще на плоском прокате. Разметка должна быть четкой и достаточно глубокой, чтобы после бухтеровки линии ее сохранились. Далее, как и в предыдущих случаях, верхушку вырезают по внешнему контуру, бухтеруют и правят. Разметку проверяют заново, исправляют в местах искажения и восстанавливают на забоинах. Затем вырезают отверстия под касты и впасовывают их. Если царги (по рисунку) сажаются на жилки, их впасовывают после обработки вырезанного узора верхушки. Отверстия под касты, а затем и под камни вырезают в последовательности от больших к меньшим, и только после того как все отверстия будут подогнаны под камни, вырезают сам узор.

С этой целью пилку для лобзика берут мелкую для чистовой поверхности среза. Пилка «работает» под углом к центру выпуклости. При необходимости ажурный узор обрабатывают игольчатыми и специально заточенными надфилями; там же, куда невозможно подобраться этими надфилями, чистовую обработку осуществляют лобзиком. После обработки прорезного узора с лицевой и обратной сторон режут ажур под камни. Сборку верхушки с кастами производят в таком порядке, чтобы уже припаянные касты или царги не мешали пайке следующих.

После полной сборки всех элементов верхушки обработки контура и заправки припоя верхушка готова к сборке с рантом. В серийном производстве сборка верхушек производится из штампованных или литых деталей (рис. 95), имеющих постоянные размеры (кроме шинки). Для сборки таких верхушек перио-

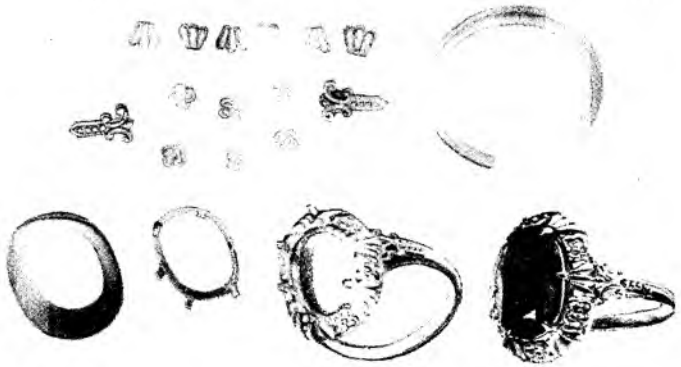


Рис. 95. Кольцо с наборной верхушкой и детали набора

дически повторяющихся изделий используют приспособления, изготовленные из жести (кондукторы), которые во время пайки удерживают детали под определенным углом в симметричном расположении.

Любая верхушка не подвергается чистовой обработке, пока она не смонтирована с нижней подпайкой — рантом.

Рант — это нижний контурный ободок, припаянный к касту или верхушке (подпайка). Кроме декоративного назначения рант в большей степени несет силовую нагрузку, являясь основой для крепления остальных деталей. Разновидности рантов зависят в большей степени от того, какому изделию предназначена верхушка. Например, у подвесок рант не подвергается «напряжению» (деформации), поэтому может быть нежным — плоским, тонким; в брошах рант испытывает незначительные нагрузки в шарнирной и замковой частях, следовательно, если рант делают нежным, то крепление его в этих местах предусматривают особо. В серьгах рант, пожалуй, испытывает самое большое напряжение, поэтому в зависимости от конструкции замка выбирают тип ранта. Тип ранта для колец зависит от многих причин — размера верхушки, прочности верхушки, размера кольца, высоты шинки и т. д. Чем нежнее верхушка, тем прочнее должен быть рант (подпайка).

Основные разновидности подпаек (рис. 96) следующие: плоские ровные, плоские изогнутые, вертикальные (низкие царги), высокие (высокие царги), дикели. Дикель (с нем. — крышка) — выпуклая подпайка, подобная нижней крышке часов, но с вырезом для ухода за камнями (рис. 97). Ранты по своей форме в большинстве случаев копируют контур верхушки, а по размерам не выходят за ее пределы. Плоский рант не намного увеличивает габариты верхушек по высоте и оставляет открытой обратную ее

сторону. Плоский рант сложного контура делается по верхушке, как по копиру.

Заготовкой для ранта служит плоский прокат (толщиной 0,8...1,0 мм), немного превышающий размеры верхушки. Заготовка должна быть плотно подогнана к основанию верхушки и в двух-трех местах припаяна оловом. Подпаянную заготовку обрезают по контуру верхушки и заподлицо опиливают. Пластинку, уже имеющую внешний контур ранта, отделяют нагревом от верхушки и полностью счищают олово с обеих деталей. Внутренний контур ранта отмечают циркулем на расстоянии 1,5...2,0 мм от внешнего контура. Таким образом, предварительная ширина ранта будет 1,5...2,0 мм. Отверстие ранта вырезают по намеченному внутреннему контуру, который потом заправляют.

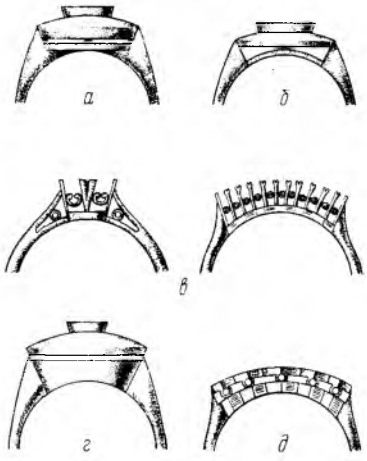



Рис. 96. Виды рантов:
*а* — плоский ровный, *б* — плоский изогнутый, *в* — низкие под касты, *г*, *д* — высокие под верхушку

К верхушкам, предназначенным для колец, разнообразие рантов несколько шире, чем для других изделий (см. рис. 97). В частности, под верхушку, имеющую плоское основание, рант может быть изготовлен изогнутым (по пальцу), он служит как

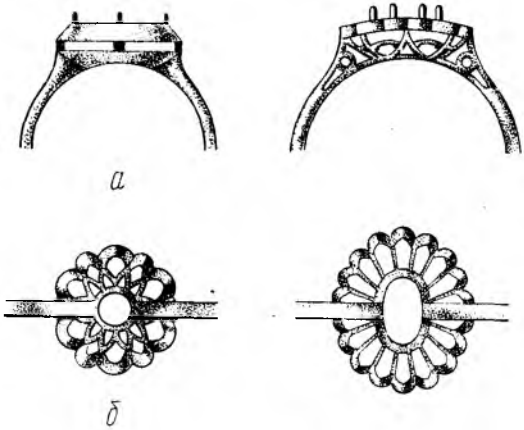



Рис. 97. Дикели:
*а* — гладкий, *б* — ажурные

бы переходом от верхушки к шинке кольца. При изготовлении такого ранта ширина его (расстояние вдоль изгиба) берется на 1,5...2,0 мм меньше ширины верхушки. Высокие ранты для колец делают из проката по типу конического каста и раскола-чивают по контуру верхушки, не выходя за ее пределы. Высота такого ранта задается образцом.

Собирают верхушку с рантом пайкой, в большинстве случаев на жилках. Жилками могут служить отрезки круглой и вальцованной проволоки или трубчатая заготовка. Сечение жилок определяется расстоянием, на которое верхушка должна отстоять от ранта. Отрезки для жилок напаивают на рант. Количество жилок и расстояние между ними выбирают в зависимости от величины изделия и его контура. Для верхушек, усаженных мелкими камнями, жилки паяют так, чтобы каждая жилка оказалась под камнем верхушки. Напаянные на рант жилки заправляют заподлицо с внутренним контуром ранта, а с внешней стороны обрезают после сборки с верхушкой. Затем рант подвязывают к верхушке и все жилки припаивают к ней, после чего собранный узел обрабатывают по наружному контуру. Выходящие за пределы контура жилки отрезают и контур узла опиливают.

Дикель закрывает значительную часть обратной стороны верхушки. Если дикель делается гладким, то в центре он должен иметь значительный вырез по форме верхушки, если же ажурным, то центральный вырез может быть меньше. Ажурный узор дикеля выбирается по возможности таким, чтобы обратная сторона камней, закрепленных в верхушке, была открыта для промывки.

Дикель используется в основном для колец и серег.

Размеры дикеля определяются контуром верхушки. Изготовляют его из проката толщиной 0,7...0,9 мм. Разметку проводят на плоской заготовке. Если дикель глухой, размечают центральное отверстие, а если ажурный — весь узор. Основание заготовки запиливают на плоскость и подгоняют под основание верхушки. Узор вырезают лобзиком и обрабатывают надфилем.

При сборке верхушки с дикелем жилки применяют преимущественно для глухих дикелей, которые иногда соединяются с верхушками через жилки. Во всех других случаях дикель припаивают непосредственно к верхушке всем основанием или отдельными участками ажурно вырезанного основания.

В серийном производстве размеры и конфигурация деталей стандартные (определены шифром изделия), поэтому ранты и дикели используют штампованные или литые. Работа монтировщика заключается в заправке подпаек, подгонке их к верхушке и сборке.

## 7.3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЕЦ

**Гладкие кольца.** Самый распространенный вид колец — обручальные кольца. Это единственный вид украшения, который

Рис. 98. Обручальные кольца

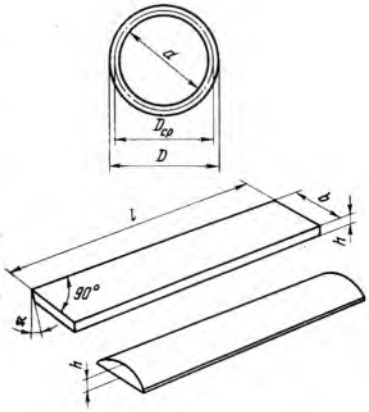



Рис. 99. Измерения обручального кольца и заготовки:

$d$ — внутренний диаметр (размер кольца), $D_{ср}$ — средний диаметр кольца, $D$ — наружный диаметр кольца, $l$ — длина заготовки для кольца, $b$ — ширина заготовки, $h$ — высота (толщина) заготовки, $\alpha$ — угол запила концов заготовки

носят не снимая, поэтому из всех типов обручальных колец наиболее устоявшийся — обтекаемое кольцо под названием «овальное» (имеющее в поперечнике форму сегмента). Типы обручальных колец и их профили приведены на рис. 98.

Изготовление всех обручальных колец, выполняемых вручную, связано прежде всего с расчетами, которые не зависят от формы и ширины кольца. Исходными данными для расчета являются размер кольца и толщина прокатной заготовки для кольца. Размер кольца задается размером пальца и определяется внутренним диаметром кольца. Размеры колец принято считать в пределах от 15,0 до 24,0 через 0,5 мм. Толщина заготовки также ограничивается минимальным и максимальным размерами. Минимальная толщина (0,8 мм) может быть у плоских колец, максимальная (3,0 мм) — у сегментных.

Исходя из заданных размера и толщины кольца, длина заготовки $l$ (рис. 99) определяется как длина окружности $\pi D$, но наше кольцо имеет толщину, поэтому диаметр принимают средним между внешним и внутренним. Таким образом, формулой расчета длины заготовки будет $3{,}14 \cdot D_{ср}$. Например, для пальца 18-го размера при толщине кольца, а следовательно, и заготовки 1,6 мм длина заготовки будет равна 61,5 мм.

Решение: внешний диаметр кольца 18-го размера при толщине 1,6 мм равен 21,2 мм.

Средний диаметр — $(18{,}0 + 21{,}2) : 2 = 19{,}6$ мм.

Длина заготовки — $3{,}14 \cdot D_{ср} = 3{,}14 \cdot 19{,}6 = 61{,}5$ мм.

Итак, 61,5 мм — это чистовая длина заготовки.

Практически ювелиры рассчитывают длину заготовки по приближенной формуле: $3d + 4h$, где $d$ — внутренний диаметр (размер) кольца, $h$ — толщина заготовки.

Расчеты по приближенной формуле удобны и занимают меньше времени, но в этом случае необходимо брать соответствующую поправку на неточность расчета. Результат, полученный по приближенной формуле для заготовок толщиной 0,8 мм, будет иметь разницу в 1,8 мм в меньшую сторону. Следовательно, к расчетной длине делают припуск, составляющий разницу. При толщине заготовки 1,0 мм разница составит 1,5 мм, при толщине 1,5 мм — 1,0 мм, при толщине 2,0 — 0,8 мм, при толщине 2,5 мм — 0,4 мм и при толщине заготовки 3,0 мм разницы не будет. Результат расчета, полученный по приближенной формуле, при толщине заготовки больше 3 мм будет иметь разницу в большую сторону. Поскольку расчеты длины заготовки монтировщику приходится производить довольно часто, удобно пользоваться размерами, подсчитанными по формуле $3{,}14 \cdot D_{ср}$ и приведенными в табл. 23.

Исходный полуфабрикат для изготовления обручального кольца вручную — слиток или пруток. Зная толщину и ширину кольца (следовательно, и заготовки), слиток прокатывают в профильных валках квадратного калибра до квадрата, равного ширине кольца. Определяя размеры квадрата, необходимо учитывать уширение заготовки при дальнейшей плоской прокатке. При продольной прокатке квадрата в плоских валках уширение составляет около 10 % от ширины — на вальцах с ручным приводом и от 10 до 50 % — на вальцах с электрическим приводом. Процент уширения зависит от величины сжатия валками (определяется разницей между толщиной заготовки и расстоянием между валками) и числа проходов. При прокатке за один проход (следовательно, при максимальном сжатии) заготовка дает максимальное уширение. Продольную прокатку заготовки в плоских валках лучше производить с боковыми ограничителями (направляющими), способствующими выходу прямого, неизогнутого проката. Заготовку прокатывают до толщины кольца. Если обручальное кольцо должно быть сегментного профиля, то прямоугольную (плоскую) заготовку выбирают такого размера, чтобы, пропустив через сегментный калибр профильных валков, получить полное заполнение калибра за один проход (без облоя). Весь процесс прокатки проходит с периодическим отжигом для снятия напряжений, в результате которых могут появиться надрывы, расслоения и другие виды брака.

Определив и отметив на прокате длину заготовки, ее отрезают с таким расчетом, чтобы около 1 мм оставалось в запасе на запиливание или выравнивание. Запиливают концы грубыми или средними напильниками так, чтобы подготовленные концы находились под прямым углом к стороне проката. В этом случае будущий шов (фуга) будет перпендикулярен продольной оси кольца. Угол запиливания со стороны продольного профиля

*Таблица 23.* **Длина заготовок толщиной 0,8...3,0 мм для колец с 15,5-го по 24-й размер**

| Толщина заготовки, мм | Размеры колец, мм | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15,5 | 16,0 | 16,5 | 17,0 | 17,5 | 18,0 | 18,5 | 19,0 | 19,5 | 20,0 | 20,5 | 21,0 | 21,5 | 22,0 | 22,5 | 23,0 | 23,5 | 24,0 |
| 0,8 | 51,18 | 52,75 | 54,35 | 55,89 | 56,46 | 59,03 | 60,60 | 62,17 | 63,74 | 65,24 | 66,88 | 68,45 | 70,02 | 71,59 | 73,16 | 74,73 | 76,30 | 77,87 |
| 0,9 | 51,49 | 53,06 | 54,63 | 56,20 | 57,77 | 59,34 | 60,91 | 62,48 | 64,05 | 65,62 | 67,19 | 68,76 | 70,33 | 71,90 | 73,47 | 75,04 | 76,61 | 78,19 |
| 1,0 | 51,81 | 52,38 | 54,95 | 56,62 | 58,09 | 59,66 | 61,23 | 62,8 | 64,37 | 65,94 | 67,51 | 69,08 | 70,65 | 72,22 | 73,79 | 75,36 | 76,93 | 78,50 |
| 1,1 | 52,12 | 53,69 | 55,26 | 56,83 | 58,40 | 59,96 | 61,54 | 63,11 | 64,68 | 66,25 | 67,82 | 69,39 | 70,96 | 72,53 | 74,10 | 75,67 | 77,24 | 78,81 |
| 1,2 | 52,43 | 54,00 | 55,57 | 57,14 | 58,71 | 60,28 | 61,85 | 63,42 | 64,99 | 66,56 | 68,13 | 69,70 | 71,27 | 72,84 | 74,41 | 75,98 | 77,55 | 79,12 |
| 1,3 | 52,75 | 54,35 | 55,89 | 57,46 | 59,03 | 60,60 | 62,17 | 63,74 | 65,31 | 66,88 | 68,45 | 70,02 | 71,59 | 73,16 | 74,48 | 76,30 | 77,87 | 79,44 |
| 1,4 | 53,06 | 54,63 | 56,20 | 57,77 | 59,34 | 60,91 | 62,48 | 64,05 | 65,62 | 67,19 | 68,76 | 70,38 | 71,90 | 73,47 | 75,04 | 76,61 | 78,18 | 79,93 |
| 1,5 | 53,38 | 54,95 | 56,52 | 58,09 | 59,66 | 61,23 | 62,80 | 64,37 | 65,94 | 67,51 | 69,08 | 70,65 | 72,22 | 73,79 | 75,36 | 76,93 | 78,50 | 80,07 |
| 1,6 | 53,69 | 55,26 | 56,83 | 58,40 | 59,96 | 61,54 | 63,11 | 64,68 | 66,25 | 67,82 | 69,39 | 70,96 | 72,58 | 74,10 | 75,67 | 77,24 | 78,81 | 80,38 |
| 1,7 | 54,00 | 55,57 | 57,14 | 58,71 | 60,28 | 61,85 | 63,42 | 64,99 | 66,56 | 68,13 | 69,70 | 71,27 | 72,84 | 74,41 | 75,98 | 77,55 | 79,12 | 80,69 |
| 1,8 | 54,35 | 55,89 | 57,46 | 59,03 | 60,60 | 62,17 | 63,74 | 65,31 | 66,88 | 68,45 | 70,02 | 71,59 | 73,16 | 74,73 | 76,30 | 77,87 | 79,44 | 81,01 |
| 1,9 | 54,63 | 56,20 | 57,77 | 59,34 | 60,91 | 62,48 | 64,05 | 65,62 | 67,19 | 68,76 | 70,33 | 71,90 | 73,47 | 75,04 | 76,61 | 78,18 | 79,75 | 81,32 |
| 2,0 | 54,95 | 56,52 | 58,09 | 59,65 | 61,23 | 62,80 | 64,37 | 65,94 | 67,51 | 69,08 | 70,65 | 72,22 | 73,79 | 75,36 | 76,93 | 78,50 | 80,07 | 81,64 |
| 2,1 | 55,26 | 56,83 | 58,40 | 59,96 | 61,54 | 63,11 | 64,68 | 66,25 | 67,82 | 69,39 | 70,96 | 72,53 | 74,10 | 75,67 | 77,24 | 78,81 | 80,38 | 81,95 |
| 2,2 | 55,57 | 57,14 | 58,71 | 60,28 | 61,85 | 63,42 | 64,99 | 66,56 | 68,13 | 69,70 | 71,27 | 72,84 | 74,41 | 75,98 | 77,55 | 79,12 | 80,69 | 82,26 |
| 2,3 | 55,89 | 57,46 | 59,03 | 60,60 | 62,17 | 63,74 | 65,31 | 66,88 | 68,45 | 70,02 | 71,59 | 73,16 | 74,73 | 76,30 | 77,87 | 79,44 | 81,01 | 82,58 |
| 2,4 | 56,20 | 57,77 | 59,34 | 60,91 | 64,48 | 64,05 | 65,62 | 67,19 | 68,76 | 70,33 | 71,90 | 73,47 | 75,04 | 76,61 | 78,18 | 79,75 | 81,32 | 82,89 |
| 2,5 | 56,52 | 58,09 | 59,65 | 61,23 | 62,80 | 64,37 | 65,94 | 67,51 | 69,08 | 70,65 | 72,22 | 73,79 | 75,36 | 76,93 | 78,50 | 80,07 | 81,64 | 83,21 |
| 2,6 | 56,83 | 58,40 | 59,96 | 61,54 | 63,11 | 64,68 | 66,25 | 67,82 | 69,39 | 70,96 | 72,53 | 74,10 | 75,67 | 77,24 | 78,81 | 80,38 | 81,95 | 83,52 |
| 2,7 | 57,14 | 58,71 | 60,28 | 61,85 | 63,42 | 64,99 | 66,56 | 68,13 | 69,70 | 71,27 | 72,84 | 74,41 | 75,98 | 77,55 | 79,12 | 80,69 | 82,26 | 83,83 |
| 2,8 | 57,46 | 59,03 | 60,60 | 62,17 | 63,74 | 65,31 | 66,88 | 68,45 | 70,02 | 71,59 | 73,16 | 74,73 | 76,30 | 77,87 | 79,44 | 81,01 | 82,58 | 84,15 |
| 2,9 | 57,77 | 59,34 | 60,91 | 62,48 | 64,05 | 65,62 | 67,19 | 68,76 | 70,33 | 71,90 | 73,47 | 75,04 | 76,61 | 78,18 | 79,75 | 81,32 | 82,89 | 84,46 |
| 3,0 | 58,09 | 59,65 | 61,23 | 62,80 | 64,37 | 65,94 | 67,51 | 69,08 | 70,65 | 72,22 | 73,79 | 75,36 | 76,93 | 78,50 | 80,07 | 81,64 | 83,21 | 84,78 |

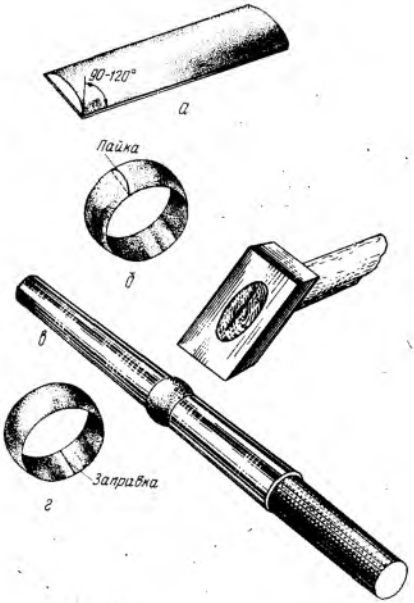



Рис. 100. Стадии изготовления обручального кольца:

*а* — обработка концов заготовки, *б* — гибка, фуговка и пайка, *в* — правка на ригеле, *г* — заправка припоя и шабрение кольца

заготовки (рис. 100) при толщине проката до 1,2 мм может быть прямым. При толщине свыше 1,2 мм концы запиливают под углом 15...30° к основанию (в сторону загиба). Чем толще прокат и меньше диаметр кольца, тем больше угол запиливания относительно продольного профиля заготовки. После запиливания заготовку сворачивают в кольцо, и концы полностью совмещают (сфуговывают). Гибку мягкой, легкоподдающейся заготовки производят в руках плоскогубцами с медными или закругленными (заваленными) изнутри губками. Трудноподдающуюся гибке заготовку изгибают на ригеле, в желобковых пазах флахайзена или стекенайзена. Перемещая заготовку поперек желобка, ударами текстолитового молотка по ригелю изгибают в кольцо всю заготовку, а потом концы ее сфуговывают. Если не удается концы заготовки плотно сфуговать молотком, то фуговку производят, загоняя заготовку в коническое отверстие проколотки или в сферическую ячейку анки одной, а потом другой стороной. Фуга должна быть настолько плотной, чтобы не просвечивать, иначе в процессе пайки припой может разъесть стенки кольца в месте фуги, могут выявиться непропаи и поры, при правке кольца на ригеле шов может лопнуть (разорваться) и, наконец, на готовом отполированном кольце может быть заметной паяная полоса неплотно сфугованного шва. Эти недостатки влекут за собой выбраковку и исправление кольца, что, в свою очередь, связано с потерей времени, увеличением потерь драгоценного металла и т. д. При фуговке плоских колец, особенно широких, нельзя пользоваться проколоткой и анкой, иначе плоская поверхность кольца образует выпуклость, а концы кольца останутся несфугованными. Фугуют такие кольца молотком в желобковых пазах.

Плотно сфугованное кольцо офлюсовывают целиком или в местах пайки и паяют. Нагревают его равномерно, чтобы не разошлась фуга, а припой стараются отрезать в таком количестве, чтобы он полностью заполнил шов, не растекаясь по

поверхности. Спаянное и охлажденное кольцо отбеливают, промывают и просушивают. Оно еще не имеет правильной формы и требует правки. Кольцо осматривают для выявления трещин, непропаев, пор, эти недостатки исправляют перед правкой кольца на ригеле. Ригель представляет собой конический стержень, на который насаживают кольцо, и ударами текстолитового молотка по всей поверхности кольца достигают полного прилегания внутренней поверхности кольца к утолщенной стороне ригеля. Затем кольцо снимают, надевают на ригель другой стороной и также правят молотком до полного прилегания к ригелю внутренней поверхности этой стороны. После правки кольцо должно иметь форму окружности. Если боковые стороны кольца имеют неровности или искажения, кольцо правят с боков на правочной плите с помощью бойка или пунзела.

Убедившись, что внутренняя поверхность кольца повсеместно прилегает к ригелю, проверяют размер кольца и, если он соответствует заданному, приступают к дальнейшей обработке — опиливанию. Проводят опиливание в определенной последовательности. Полукруглым напильником или разновыпуклым надфилем опиливают внутреннюю поверхность кольца, выравнивая раковины, забоины, царапины и т. д. (насечку напильника или надфиля выбирают в зависимости от состояния поверхности). Боковые стороны опиливают широким трехгранным напильником, соблюдая размеры кольца по ширине. Наружную поверхность кольца опиливают трехгранным напильником в несколько приемов, следя за тем, чтобы на поверхности не осталось граней, а боковые стороны образовали ровный поясок окружности.

После выравнивания поверхности опиливанием кольцо подвергают шабрению, которое осуществляется в той же последовательности, что и опиливание. При шабрении фаску внутреннего ребра, образованного боковой стороной и внутренней поверхностью, снимают. Эта операция обязательна, так как ребро не только будет раздражать палец, но и увеличит потери драгоценного металла при полировке кольца. Отшаброванное кольцо поступает в полировку, и на этом процесс изготовления кольца считается законченным.

Для серийного изготовления обручальных колец слиток или несколько слитков прокатывают в вальцах, повторяя все проходы каждым слитком, а затем лентой. В конечном итоге получают ленты необходимого профиля. Отожженную ленту циркулем размечают на отрезки, равные заготовкам на кольца. Дальше ленту навивают на цилиндрический ригель диаметром немногим меньше размера кольца. С одного конца ригель имеет радиально расположенный паз для захвата заготовки, с другого — ключ для насадки ручки вращения. Ленту пропускают через деревянные губки, зажатые в тиски, туго навивая ее на ригель плотной спиралью. Закончив навивку, спираль снимают с ригеля и отрезают каждый виток по разметке. Концы каждого витка запиливают и совмещают — сфуговывают. Дальнейшие операции про-

ходят в той же последовательности, что и при штучном изготовлении, но каждую операцию проводят со всеми кольцами. Для пайки кольца офлюсовывают одновременно и раскладывают на леткале так, чтобы фуга у всех колец была поднята и направлена в одну сторону (на ювелира). Таким образом во время пайки одного кольца сразу прогревается и следующее, что ускоряет процесс пайки. Отбеливание, промывку и сушку всей партии колец также производят одновременно. Все остальные операции разбиваются на более мелкие. Опиливание партии колец, например, проходит так: сначала опиливают внутреннюю поверхность всех колец, потом все кольца опиливают с боков и т. д. Такая пооперационная разбивка дает возможность выполнять каждую операцию ускоренно, сокращая рабочее время на выпуск продукции.

Более прогрессивный метод изготовления обручальных колец — станочный, обеспечивающий массовый выпуск продукции. Для изготовления обручальных колец применяют давильный станок, представляющий собой переоборудованный токарный станок. Вращающаяся бобина станка имеет патрон для зажима хвостовика сменных ригелей, на которых происходит выдавливание кольца. Набор ригелей обеспечивает размерность от 8 до 24 мм в диаметре. Обкатка и вытяжка (выдавливание) колец по ригелю происходят при помощи ролика, который устанавливается на месте резца. Ролик представляет собой вращающийся стальной диск, на торцевой поверхности которого по всей окружности имеется желобок нужного профиля и ширины.

Заготовкой для выдавливания обручальных колец служат шайбы, масса и размеры которых зависят от профиля и ширины колец. Шайбу надевают на ригель, который приводится во вращение включением станка, и роликом прижимают шайбу к ригелю. Давление ролика на шайбу обеспечивает вытяжку шайбы в кольцо и форму кольца по форме желобка ролика. По мере усиления поджатия роликом увеличивается размер кольца, вследствие чего кольцо перемещается в сторону утолщения ригеля. Вытяжку колец больших размеров производят с промежуточным отжигом на ригелях соответствующих размеров. Для прекращения изготовления колец определенного размера на ригель надевают ограничительное кольцо, которое ограничивает движение обручального кольца вверх (в сторону утолщения) по ригелю.

Поверхность выдавленных из шайбы колец не годна для полировки, поэтому ее шабруют на станке специально заточенным шабером, снимая внутреннюю фаску. При шабрении колец на давильном станке образуются отходы драгоценных металлов (в виде стружки). В связи с этим оборудование станка предусматривает ограждения и отходосборники в виде кожаного фартука или плотно прилегающих пластиковых коробов, в которые собирают стружку, обметая щеткой детали станка, приспо-

собления и инструмент, находящиеся в пределах ограждения. Затем стружку выметают в банку для отходов.

В настоящее время для массового изготовления обручальных колец разработаны полуавтоматические робототехнологические комплексы, программой которых задаются параметры кольца. Заготовка в виде стандартных шайб засыпается в чашу вибропривода и по лотку поступает в рабочую зону. Производительность такого комплекса не менее 800 шт/ч.

**Кольца с верхушками.** Отличительной деталью колец от других видов изделий является шинка. Фактически это кольцо, т. е. ободок, который служит основой кольца и надевается на палец. Если шинка имеет по всей окружности одно и то же сечение, то независимо от формы ее можно считать простой. Если же сечение шинки изменяется по ширине, толщине или форме, шинку считают сложной.

Технология изготовления простых шинок мало чем отличается от изготовления обручальных колец вручную. Заготовкой для шинок служит пруток или калиброванный прокат нужного профиля. Ширина шинки определяется по образцу и может зависеть от величины камня или верхушки. Длина заготовки для шинки рассчитывается по той же формуле, что и длина заготовки для обручального кольца, но от полученного результата вычитается расстояние, которое займет на шинке каст или верхушка. Для круглых кастов это будет внешний диаметр нижнего основания каста, для кастов других форм и верхушки — ширина нижнего основания каста или верхушки. Толщина заготовки для шинки зависит от формы ее сечения, высоты ранта, к которому будет припаиваться шинка, и планируемой массы кольца. Для плоских шинок толщина заготовки может быть 0,8...1,5 мм, для шинок сегментного профиля (овальных) — 1,2...2,5 мм.

Заготовку для шинки нужной длины (с учетом каста или верхушки) запиливают с концов, сворачивают в кольцо, правят на ригеле и опиливают. Затем отожженное кольцо (шинку) разрезают по фуге и разводят (увеличивают в размере) текстолитовым молотком на ригеле на расстояние каста (или верхушки). Часто используют шинки с раздвоенными концами. Для этого у разведенной на ригеле шинки лобзиком прорезают концы вдоль посередине. Длина разреза выбирается индивидуально для каждого образца. Каждый из разрезанных концов разводят под необходимым углом, следя за тем, чтобы угол «усов» на обоих концах шинки был одинаков.

Схему изготовления сложных шинок удобнее рассмотреть на наиболее распространенных шинках переменного сечения, так называемых кованых (рис. 101). В готовом виде эти шинки имеют утолщение к касту, их наружная поверхность (сверху) может быть различной — плоской, овальной, треугольной, резной и т. д. Изготовляя такие шинки (рис. 102), исходят прежде всего из размера самого толстого участка шинки, который дик-

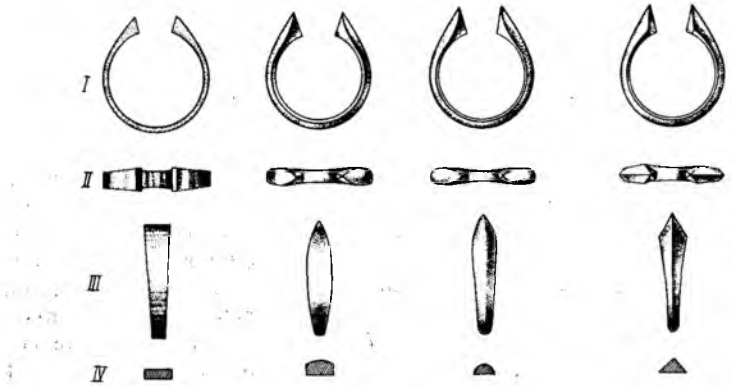



Рис. 101. Основные виды кованых шинок (вид сбоку — I, сверху — II, профиль — III, сечение — IV)

туется заданием или типом и величиной каста. Толстый участок шинки может быть от 2,5 до 5 мм, поэтому и заготовка берется в прутке (проволоке) круглого, а чаще квадратного сечения сечением или стороной от 3,0 до 5,5 мм. Для расчета длины заготовки толщину шинки принимают средней между самым толстым и самым тонким участками. Самый тонкий участок шинки — от 1,0 до 2,5 мм по толщине — находится против каста (внизу).

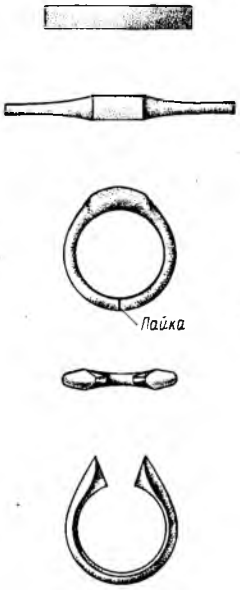



Рис. 102. Схема изготовления кованой шинки

По формуле расчета длины заготовки для обручального кольца определяют длину профилированной заготовки (переменного сечения) на будущую шинку. Но пока заготовка постоянного сечения, длину ее берут немного меньше половины расчетной длины и отвальцовывают концы заготовки в профильных валках квадратного калибра. Отвальцовывая концы заготовки, постоянно следят за тем, чтобы середина ее оставалась невальцованной и грани концов не перекручивались. Заготовка вальцуется до расчетной длины, а толщина концов должна быть немного больше заданной. Концы заготовки запаивают для фуговки, затем заготовку сгибают в кольцо и пропаивают по фуге. Гибку производят ригелем в желобах или в специальном приспособлении таким образом, чтобы утолщенная часть шинки имела изгиб радиусом, соответствующим размеру кольца. После пайки шинка правится на

ригеле до образования круглого внутреннего отверстия. С боков шинку правят на плоскости правкой с плоским бойком. Затем ее опиливают до получения заданной формы сечения. Опиленную и отожженную заготовку распиливают лобзиком посередине утолщенного участка и разводят на ригеле до размера каста или верхушки.

Простые и сложные шинки для серийного выпуска колец изготовляют более производительными способами: навивкой ленточной заготовки, штамповкой и литьем.

Навивкой делают простые шинки постоянного сечения. Для этого ленту определенной формы сечения, ширины и толщины навивают в виде пружины на цилиндрический ригель нужного размера. Длина ленты (заготовки) зависит от количества и размера шинок. Разрезанная вдоль пружина дает возможность получить необходимое количество шинок одного размера.

Штамповкой получают шинки переменного сечения — кованые в виде согнутого в полукольцо полуфабриката постоянного размера. Задача ювелира заключается в дальнейшей доработке шинки — подгонке размера до нужного, фуговке, пайке, правке и обработке шинки.

Литье позволяет получить шинки любой сложности почти в готовом виде. Обработка производится с целью удаления литника и при необходимости изменения размеров шинки и исправления дефектов в результате отливки.

Все способы серийного производства шинок дают возможность повысить производительность труда ювелиров, сохранить потери драгоценных металлов и облегчить труд рабочего.

Окончательной сборкой кольца считается сборка каста или верхушки с шинкой. Для точной припасовки деталей на гладких кастах любой формы с двух противоположных сторон над основанием надфилем запиливают небольшие плоские площадочки — всечки (рис. 103). Нижняя часть всечки заканчивается ступенькой, которая должна удерживать шинку от соскальзывания. Размеры всечки зависят от размеров опорной площадки шинки. Одна из всечек на касте должна находиться на фуге, чтобы при пайке предотвратить расхождение шва. Концы шинки запиливают так, чтобы опорные площадки ее были под тем же углом, что и всечки на касте. Припасованную к касту шинку собирают с ним (разведенная шинка слегка пружинит, и вставленный между ее концами каст держится за счет ступенек), и если опорные площадки не имеют зазоров, припаивают. В процессе пайки кольцо прогревают равномерно, чтобы от одностороннего нагрева не перекосило шинку. Аналогично всекаются ажурные касты: площадки запили-

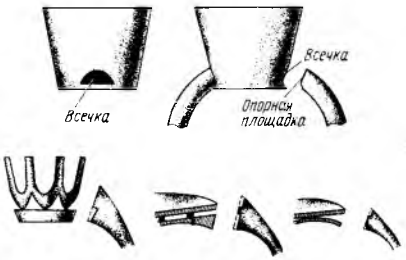



Рис. 103. Способы припасовки шинок

вают на ранте, шинку припаивают так, чтобы не загораживать ажурного пояска каста.

Для припасовки крапановых кастов рант всекают против крапанов, а опорные площадки заостряют кверху (к крапану). Шинку припаивают одновременно и к ранту, и к крапановой части, связывая их. Однако не всегда шинку припасовывают к верхушке с рантом при помощи всечки на ранте. Если высота ранта не позволяет сделать всечку, то концы шинки запиливают в виде шипа. Шип входит между рантом и верхушкой под таким углом, чтобы опорные площадки шинки плотно прилегали к ранту и верхушке. Плотно пригнанную шинку припаивают, соединяя рант с верхушкой.

К верхушке с дикелем опорные площадки шинки запиливают по форме дикеля, чтобы обеспечить плотное прилегание опорной площадки по всей высоте дикеля и верхушки.

Во всех случаях шинку припасовывают, соблюдая нижний и верхний пределы совмещения шинки с кастом или верхушкой. По условию совмещения нижнее основание каста или верхушки должно находиться на одном уровне с нижним основанием опорной площадки шинки. Верхний же предел для каждого каста или верхушки различен. Для глухого гладкого каста, например, шинка может доходить до условно отмеченного закрепочного пояска; для глухого ажурного каста — до ажурного, а иногда до закрепочного пояска; для крапанового — до середины крапана; для верхушек — почти до поверхности верхушки.

Кроме колец, состоящих из двух основных частей — верхней (каста или верхушки с рантом или дикелем) и нижней (шинки), существуют образцы, имеющие накладки. Накладки припаиваются с двух сторон, соединяя шинку с верхней частью канта или верхушки, и имеют конструктивное и декоративное значение. Различные по форме накладки, гладкие или фасонные, с камнями или без них, удачно дополняют кольцо, придавая массивность легкому кольцу, обеспечивая плавный переход от каста или верхушки к шинке или художественность исполнения. Накладки выполняют отдельно в соответствии с размерами кольца, а припаивают после правки кольца на ригеле. В основном накладки делают в сочетании с простыми шинками, когда шинка припаивается к ранту каста или верхушки, а накладка соединяет шинку с верхней частью каста или верхушки, тем самым обеспечивая жесткость конструкции и плавный переход шинки в каст. В ряде случаев накладки впаивают и в кованые шинки с целью украшения кольца накладками из другого по цвету металла для посадки в них камней.

Собранное кольцо правят на ригеле, чтобы отверстие для пальца было круглым. Но перед правкой нижнее основание каста запиливают по ригелю, т. е. делают сегментный вырез, соответствующий размеру кольца. Изнутри каст опиливают заподлицо с шинкой до тех пор, пока место спайки каста с шинкой станет невидимым. Так поступают во всех случаях, когда

каст или верхушка не имеет подогнанного по ригелю ранта. В кольцах с изогнутым (подогнанным) рантом места спайки заправляют изнутри и только после этого правят на ригеле. Кольцо правят до полного прилегания внутренней его поверхности к ригелю, без особых усилий, чтобы не растянуть каст вдоль шинки и не изменить его формы.

Если кольца с накладками, то их припасовывают после правки кольца. Накладки могут быть накладные и вставные. Накладные припаивают одним концом к верху шинки, а другим к стенке каста. Вставные одним концом врезаются в шинку на толщину накладки, другим — опираются на стенку каста и припаиваются. Такие накладки являются как бы продолжением шинки.

Далее изделие подвергается чистовому опиливанию изнутри и снаружи, при этом особое внимание обращается на заправку припоя в местах соединений. При шабрении соблюдают ту же последовательность, что и при опиливании, т. е. сначала шабрят все изделие изнутри, затем шинку снаружи и каст. Шабером, кроме того, снимают фаски внутри каста (нижнего основания) и внутри кольца. Если при шабрении кольца выявляются поры и непропаи, то их устраняют пайкой, после чего кольцо заправляют заново.

## 7.4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЕРЕГ

Лицевая часть серег — касты, верхушки — общая для многих ювелирных изделий. Определяют назначение изделий серьговые устройства, или замки. Существуют два основных типа серьговых устройств: навесные крючки, свободные и с петлями (рис. 104), и пружинные замки с ювелирной (рис. 105) и галантерейной (рис. 106) швензами.

Навесные крючки просты в изготовлении и удобны в эксплуатации. Различаются они по длине и способности закрываться (фиксироваться в прижатом положении) петлей.

Для изготовления крючков используют проволочные заготовки сечением 1,0...1,2 мм. Длина заготовки определяется опытным путем, так как точной формулы расчета не существует. Однако, учитывая, что в среднем диаметр загиба крючка 8 мм, можно предположить, что формула 25 мм + $+l_c$, где 25 мм ($8 \cdot 3{,}14$) — длина окружности; $l_c$ — длина серьги (верхушки), будет соответствовать искомой.

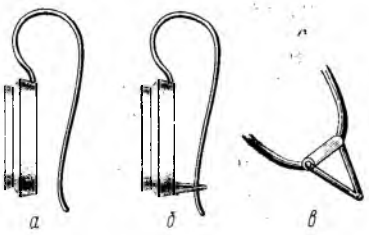


Рис. 104. Серьги на крючках:
*а* — свободный крючок, *б* — крючок с петельным фиксатором, *в* — петля

Прямую (правильную) проволочную заготовку отрезают по размеру и впасовывают в каст или верхушку. В кастах на уров-

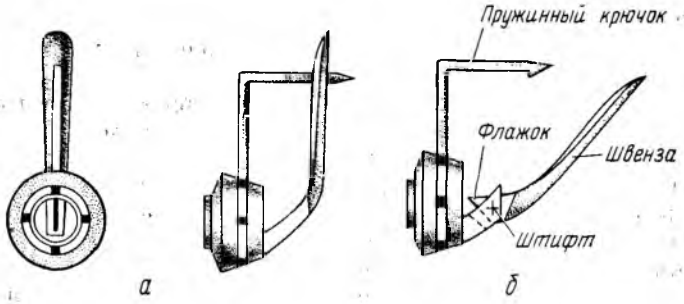



Рис. 105. Серьги с пружинным замком (ювелирным):
*а* — закрытое положение замка, *б* — открытое положение замка

не ранта просверливают или прокалывают в специальных приспособлениях отверстие, равное диаметру проволоки, в него вставляют конец проволоки и припаивают его. В низких кастах или накладках, к которым должен припаиваться крючок, со стороны основания пазовым надфилем всекают желобок, в который впаивают конец проволочной заготовки. К кастам и верхушкам, имеющим низкий рант, проволочную заготовку впасовывают между рантом и верхушкой и припаивают. Место пайки заправляют, и если крючок свободный (без петли), его загибают. При штучном исполнении серег с такими крючками гибку производят вручную с помощью круглого стержня диаметром 8 мм. Изгиб крючков в серьговой паре должен быть совершенно одинаковым. При серийном изготовлении серег гибку крючков производят на специальном рычажном приспособлении.

Если крючки с петельным замком, то прежде чем загибать крючок, припаивают замок. Петельный замок — шарнирно подвижный, состоит из двух деталей: шарнира и вставленной в него петли. Шарнир — отрезок трубки с внутренним диаметром 0,6...0,8 мм, длиной 2,5...3,0 мм — припаивается (фугой вниз) к ранту или к касту со стороны нижнего основания с противоположной крючку стороны. Петлю делают из отожженной проволоки, свободно проходящей в отверстие шарнира, длиной 12...14 мм: концы ее в продетом состоянии сводят под углом и спаивают. После сборки петельного замка на серьге крючок загибают и подгоняют по длине. Длина крючка определяется расстоянием откинутой вниз петли. С внешней стороны крючка делают неглубокую всечку, кото-

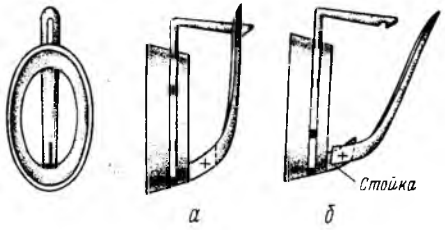



Рис. 106. Серьги с пружинным замком (галантерейным):
*а* — закрытое положение замка, *б* — открытое положение замка

рая фиксирует петлю (при естественном положении серьги) в горизонтальном положении. Шабрение спаренных серег производят после полной их обработки.

Пружинные замки более надежны, но гораздо сложнее по конструкции и изготовлению. Собирают их непосредственно на верхушке (или касте) с обратной ее стороны. Состоят пружинные замки из двух основных частей: пружинного крючка и швензы. Обе части замка делают отдельно. При индивидуальном исполнении серег по рисунку размеры пружинного крючка выбирают в зависимости от формы и размеров верхушки или каста. Наиболее распространены прямые крючки, образующие угловое колено.

Пружинный крючок изготовляют непосредственно на серьге. Для этого проволочную заготовку сечением 1,0...1,2 мм расчетной длины припаивают к верхушке или касту аналогично навесному крючку. Отметив высоту крючка (расстояние от верхушки до колена крючка), которая может быть от 2 до 10 мм, его загибают. Если колено должно быть острым, проволоку изнутри всекают надфилем, затем загибают и всечку пропаивают. Если образец допускает плавное колено, гибку осуществляют плоскогубцами или в специальном приспособлении. И в том и в другом случае угол изгиба должен быть немногим менее 90°. Затем отмечают общую длину крючка, сначала около 10 мм. Конец крючка слегка плющат с боков и отмечают на нем чистовую длину крючка (расстояние от колена до зацепа) — 7,5...8,0 мм. На месте отметки всекают крючок-зацеп и обрабатывают его.

Сложной деталью в серьге считается ювелирная швенза (рис. 107). Размеры ее диктуются высотой верхушки вместе

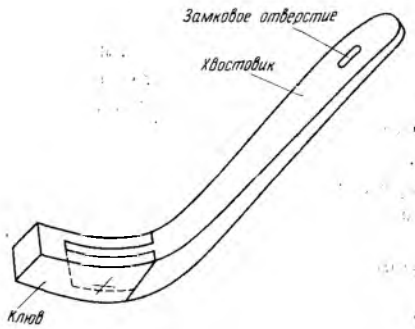



Рис. 107. Ювелирная швенза

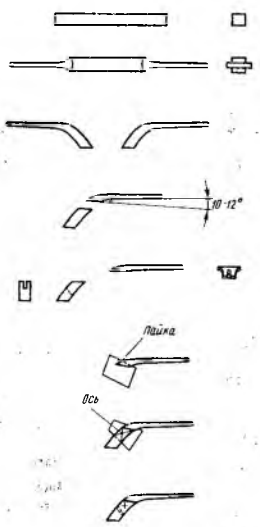



Рис. 108. Схема изготовления ювелирной швензы

с крючком (при естественном положении серьги). Заготовкой для швенз служит прокат квадратного профиля со стороной 2,2...2,5 мм и длиной, равной расчетной с учетом вытяжки при вальцовке. Обычно швензы изготовляют попарно и заготовку берут двойной длины (рис. 108). Швенза состоит из двух смежных деталей: клюва и хвостовика, имеющих штифтовое подвижное соединение. Клюв швензы несколько утолщен и является опорной основой для всей швензы, хвостовик утончается к крючку. Поэтому, размечая заготовку для швенз, в середине ее отмечают участок, равный длине двух клювов (около 20 мм), а оставшиеся концы заготовки отвальцовывают в плоских валках в длину до толщины 1,0...1,2 мм. Затем общую заготовку разрезают пополам на две отдельные заготовки для швенз.

Угол загиба клюва должен компоноваться с формой каста или верхушки и быть как бы продолжением угла каста или ранта или соответствовать образцу серьги. Заготовку с загнутым клювом прикладывают к касту или ранту верхушки с противоположной стороны от крючка в том положении, в каком она будет припаяна. В собранном виде хвостовик швензы должен быть параллельным основанию каста или ранта. Швензу расчленяют лобзиком на клюв и хвостовик под таким углом, чтобы образовать большие площадки их соприкосновения и обеспечить свободное переламывание швензы наружу при штифтовом соединении. При разделении швенз не следует смешивать детали одной швензы с деталями другой, чтобы площадки смежных деталей не подгонять друг к другу заново.

На каждой из смежных деталей со стороны площадки толстой (0,5...0,6 мм) пилкой лобзика под определенным углом делают долевые прорези, в которые подгоняют плоскопрокатанную пластинку. Плотно посаженная в прорезь хвостовика пластинка припаивается, а свободная ее часть (флажок) подгоняется в прорезь клюва так, чтобы детали швензы совместились без зазоров. В таком виде их скрепляют шеллаком, нагрев до температуры плавления шеллака. А после затвердевания его в клюве швензы просверливают отверстие диаметром 0,6...0,8 мм так, чтобы оно прошло через середину вставленного в клюв участка пластины. И подогнанным под отверстие штифтом детали заштифтовывают. После этого швензы полностью обрабатывают: правят, опиливают, шабруют.

Замковое отверстие в хвостовике швензы делают, определив по крючку его уровень, затем швензу устанавливают на свое место, застегивают крючком, и основание клюва, заранее припасованное, припаивают к касту или ранту верхушки. При пайке шеллак из щелей подвижного соединения выгорает, и швенза приобретает свое рабочее состояние. Полностью собранные серьги подвергают окончательной обработке — заправке паяных соединений и шабрению.

Для повышения производительности труда и сокращения безвозвратных потерь драгоценных металлов заготовительные

отделения ювелирных предприятий заготовляют полуфабрикаты ювелирных швенз различных размеров, с различным углом загиба клюва и плющеным хвостовиком. Получая такой полуфабрикат, ювелиры избавляются от необходимости заготовлять швензы из прутков или слитка и выполняют только монтировочные работы.

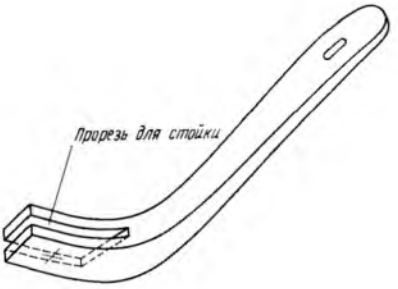


Рис. 109. Галантерейная швенза

Галантерейные швензы (рис. 109) внешне похожи на ювелирные, но имеют более постоянные размеры и угол загиба клюва и несравненно проще по конструкции. Если ювелирная швенза открывается, «переламываясь» на границе клюва и хвостовика, то галантерейная откидывается целиком, а опорной основой ей служит стойка (см. рис. 106, *б*), одним концом впаянная в каст или рант, а другим — подвижно заштифтованная в прорези клюва швензы. Монтируя серьги серийного производства, ювелир получает швензы почти в готовом виде — хвостовик швензы имеет замковое отверстие, выполненное пробивочным штампом, а клюв прорезан под стойку дисковой фрезой на специальной прорезной установке. Глубина прорезей определяется образцом, а ширина — толщиной стойки (0,6 мм). Стойки, выполненные вырубным штампом, поступают в комплекте со швензами.

Работу над серьгами с галантерейными швензами ювелир начинает с пружинного крючка, подгоняя его по высоте под замковое отверстие. Затем в прорезь, сделанную в касте или ранте против крючка, вставляет и припаивает стойку. По высоте стойку обрезают на глубину прорези швензы, припаивая их друг к другу без зазоров. Швензу фиксируют на серьге в закрытом состоянии шеллаком, а клюв швензы просверливают вместе со стойкой для последующей их штифтовки. Подогнанным под нужный размер штифтом заштифтовывают швензу со стойкой, и стойку опиливают заподлицо со швензой. Окончательная обработка серег заключается в их заправке и шабрении.

## 7.5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ БРОШЕЙ И КУЛОНОВ

**Броши.** Вне зависимости от большого разнообразия типов броши состоят из двух частей: лицевой и замковой (рис. 110). Лицевой частью броши может быть каст под камень большого размера и гемма или верхушка. Верхушки брошей, подобно верхушкам других изделий, бывают сборными и вырезными, и принцип их изготовления остается таким же. Однако броши, изображающие ветки, листья растений, птиц, животных и насекомых, делают без рантов. Замковая часть броши состоит из зас-

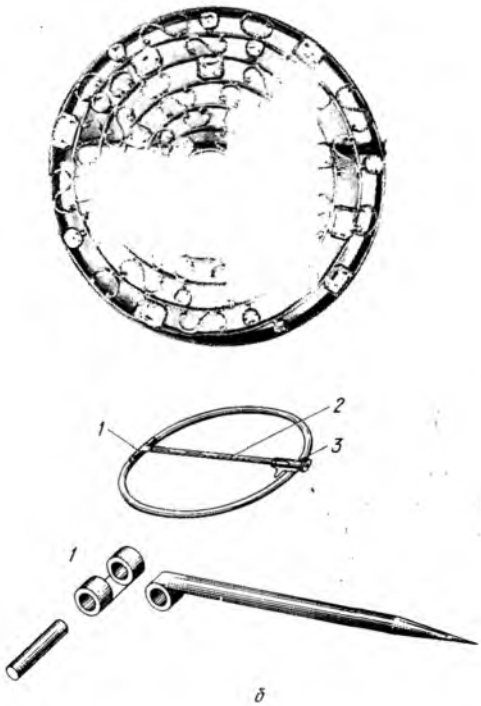



Рис. 110. Брошь (лицевая и замковая части):

*1* — шарнирное соединение иглы с брошью, *2* — застежная игла, *3* — замок

тежной иглы, которая шарнирно соединена с верхушкой или рантом, и замка, фиксирующего иглу в закрытом положении. Различают два типа замков: открытый — проволочные крючки, под петлю которых заводится игла, и закрытый — предохраняющий иглу от самовольного расстегивания. К последним относятся: шомпольный, визорный (англ. visor — забрало) и револьверный, или барабанный (англ. revolver — револьвер, барабан) (рис. 111). Наиболее надежный и удобный из замков — шомпольный: он закрывает острый конец иглы.

Расположение застежной иглы на броши зависит от формы самой броши. Обычно игла располагается выше центра тяжести верхушки по всей длине тыльной стороны броши, что придает ей наиболее устойчивое положение. В ажурных брошах и брошах с просматривающимся насквозь рисунком подвижное соединение иглы с брошью и замок располагаются так, чтобы с лицевой стороны они были наименее заметны.

Сборку начинают с шарнирного соединения иглы с брошью. Наиболее распространен низкий шарнир, для которого используется тонкостенная трубчатая заготовка с внутренним диаметром 0,6...0,8 мм. Длина всего шарнира 6...10 мм (по величине броши или участка, отведенного под шарнир). Заготовку для шарнира припаивают к ранту или верхушке броши перпендикулярно мес-

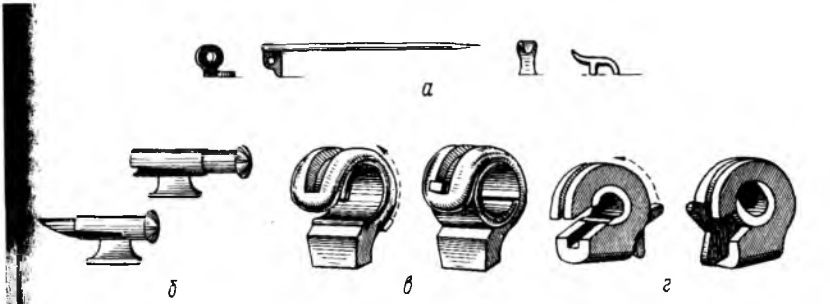



Рис. 111. Виды замков брошей:
*а* — простейший (открытый), *б* — шомпольный, *в* — револьверный, *г* — визорный

ту, отведенному под замок (фуга заготовки должна находиться в месте спайки). На припаянной заготовке отмечают среднюю, подвижную часть, после чего к трубке, равной по длине подвижной части шарнира и такого же диаметра, припаивают иглу. Иглой служит проволока диаметром 1,2 мм; длина ее определяется по броши. Иглу припаивают перпендикулярно направлению трубки в месте фуги. В нормальном (закрытом) положении игла должна быть параллельна ранту (основанию верхушки); чтобы она не опускалась ниже нормального положения, с нижней стороны иглы, в месте стыка ее с шарниром, припаивают упор. Затем отмеченный на заготовке средний участок шарнира, припаянного к броши, вырезают и на его место впасовывают подвижный шарнир совместно с иглой. Подогнанный по размерам штифт служит осью шарнира, который пока не заклепывается, а вставляется для определения работы иглы. Игла должна откидываться на 90° от начального (закрытого) положения.

Сборка шомпольного замка производится также на броши. Схема сборки приведена на рис. 112. Шомполом служит трубка, замыкающая конец иглы, а обоймой — трубка, направляющая шомпол (внешняя). Трубчатую заготовку на шомпол и обойму делают тонкостенной — 0,25...0,3 мм, а внутренний диаметр шомпола — сечением заостренного конца застежной иглы. Игла заостряется на участке 10...15 мм от конца, таким образом, при сечении иглы 1,2 мм сечение конца иглы, захватываемого шомполом, будет около 0,7...0,8 мм. Обойму отрезают длиной 7...8 мм, длину же шомпола берут на 2...3 мм больше

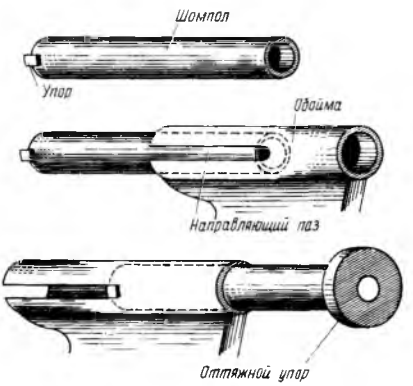



Рис. 112. Схема сборки шомпольного замка

длины обоймы. Обойма должна припаиваться на опорную стойку замка, размеры и форму которой рассчитывают индивидуально.

Длину стойки определяют по длине обоймы, а форма ее должна быть такой, чтобы, будучи припаянной одновременно к верхушке и ранту, обеспечить крепление замка. Высота стойки определяется уровнем иглы в горизонтальном положении — конец должен быть на уровне середины обоймы, положенной на стойку. Стойку припаивают к броши с противоположной стороны шарнира по направлению иглы, затем к ней припасовывают и припаивают обойму (фугой к месту пайки). На одной из боковых сторон обоймы прорезают паз шириной 0,5...0,6 мм, длиной приблизительно в $^2/_3$ длины обоймы и заправляют его. На шомполе с одного конца (со стороны фуги) напаивают упор; он должен обеспечить перемещение шомпола в пределах паза. Шомпол вставляют в обойму со стороны паза, и в закрытом положении (упор шомпола в начале паза) отмечают по обойме длину шомпола. Эта отметка будет границей припайки оттяжного упора к шомполу, находящемуся в открытом положении. Оттяжной упор может быть изготовлен в виде ушка из проволоки сечением 0,5...0,6 мм, в виде корнера (шарика) диаметром, немного большим внешнего диаметра обоймы, шляпки и др. После полной сборки замка иглу заштифтовывают, длину ее подгоняют по пазу в обойме и заостряют.

Проверяя работу замка, обращают внимание на то, чтобы шомпол не болтался в обойме, в открытом положении полностью освобождал иглу, а в закрытом — плотно ее заклинивал, не допуская люфта.

Визорный замок собирают из двух деталей: сердцевины с припаянным курком и корпуса. Сердцевину делают из отрезка трубочки длиной 2 мм, внутренним диаметром 0,7...0,8 мм, толщиной стенки 0,3...0,4 мм. К центру сердцевины, касательно к фуге, припаивают упор (курок) поперек направления трубки. Курок делают плоским, толщиной 0,5...0,6 мм.

Для корпуса из плоского проката толщиной 0,7...0,8 мм сворачивают скобу с зазором по толщине курка 0,5...0,6 мм. По высоте застежной иглы определяют местонахождение сердцевины, в которую будет заводиться игла, и в этом месте корпуса просверливают отверстие, равное внешнему диаметру сердцевины. Корпус припаивают к броши в отведенном для замка месте, и сбоку наклонно к основанию делают прорезь для захода иглы. Зазор корпуса разжимают на длину сердцевины, вставляют сердцевину в отверстие и снова поджимают корпус до первоначального зазора. Отведя курок в открытое положение (до упора в противоположную от прорези сторону), прорезь углубляют, вырезая участок сердцевины, и игла получает возможность попасть в центр замка, где перемещением курка в обратную сторону закрывается. Замок припаивается на брошь без специальной опорной стойки, а высота его достигается размером скобы и уровнем отверстия.

Револьверный замок по принципу запирания иглы аналогичен предыдущему. Он также состоит из двух деталей — сердцевины и корпуса, но отличается по размерам и технологии изготовления. Сердцевина представляет собой отрезок трубки, окончательные размеры которой: длина 3 мм, внутренний диаметр 0,9...1,0 мм, толщина стенки 0,4 мм. Следовательно, внешний диаметр ее около 1,7...1,8 мм. Для корпуса используют трубчатую заготовку одинаковой с сердцевиной длины, внутренним диаметром, равным внешнему диаметру сердцевины, и толщиной стенки 0,6...0,8 мм. Заготовку припаивают к опорной ножке (стойке) и вырезают входной зазор для иглы. В другом варианте корпус изгибают из проката, оставляя опорную ножку и зазор для входа иглы.

На корпусе прорезают сквозной поперечный паз, служащий направляющим для курка (упора), сердцевины до ножки с одной стороны и почти до входного зазора — с другой. В таком виде корпус припаивают к броши. Затем посередине сердцевины, рядом с фугой, припаивают курок толщиной по ширине направляющего паза, высотой около 1,2...1,5 мм. Начинают вырезать входной зазор для иглы от фуги. Чтобы вставить сердцевину внутрь корпуса, ее сжимают и, совместив курок с направляющим пазом, разжимают иглой соответствующего диаметра до прилегания к внутренней стенке корпуса. Образовавшийся снова зазор для входа иглы заправляют совместно с зазором корпуса и аналогично визорному замку закрывают и открывают вход для иглы.

Оба замка, и визорный и револьверный, более просты в изготовлении, чем шомпольный, но имеют серьезный недостаток — острие иглы остается незащищенным.

**Кулоны.** Подвеска кулона может состоять из одного каста с камнем, верхушки с камнями или верхушки без камней. Технология изготовления подвесок не отличается от изготовления верхушек других изделий, и только подвесное ушко, а порой и форма подвески отличают кулон от других изделий. Кулон (рис. 113) имеет два ушка: соединительное, которое соединяет подвеску с подвесным ушком, и подвесное, удерживающее кулон на цепочке. Подвесное ушко может быть простым (проволочным) и фасонным — с лицевой накладкой с одним или несколькими камнями, вырезанной, гравированной и т. д.

Положение подвески на цепи определяет обычно центр тяжести ее, который должен находиться внизу. Сверху припасовывают и припаивают (фугой к месту пайки) соединительное ушко. Уровень места припайки выбирают с таким расчетом, чтобы подвеска висела вертикально, не выворачиваясь под тяжестью вставленного камня. В большинстве случаев для невысоких подвесок без рантов этот уровень находится в плоскости основания подвески, для верхушки с рантом — между основанием верхушки и рантом, а для каста с камнем — в зависимости от высоты камня.

Рис. 113. Кулон:
1 — соединительное ушко, 2 — подвесное фасонное ушко

Соединительное ушко делают из проволоки сечением 0,8...1,2 мм; внутренний диаметр его может колебаться от 1,0 до 2,0 мм. Иногда часть ушка вырезают и припаивают только полуколечко (полуушко).

Простое подвесное ушко в зависимости от образца кулона может быть различных форм, чаще овальных вертикально вытянутых. В качестве заготовки на подвесное ушко используют проволоку круглого или прямоугольного сечения. Средние размеры овальных ушек соответственно по большой и малой оси 7×4 мм. Подвесное ушко продевают сквозь соединительное, сфуговывают и паяют по форме.

Изготовление фасонного подвесного ушка начинается с изготовления накладки, которую обрабатывают полностью, за исключением гравировки или закрепки камней, после чего к тыльной ее стороне припаивают полуушко. Полуушко в сочетании с накладкой образует фасонное подвесное ушко. Варианты изгиба полуушка разнообразны, но все они должны обеспечивать свободное перемещение кулона по цепи. Полуушко продевается через соединительное ушко на той стадии, когда один из его концов уже припаян к накладке. Другой конец полуушка припаивают, когда ушко уже собрано.

## 7.6. ЛИТЬЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Микролитье, или точное литье по выплавляемым моделям, — это наиболее производительный способ тиражирования ювелирных изделий. Литьем получают как отдельные детали ювелирных изделий для последующей монтировки, так и целиковые изделия. Применение литья позволяет получить любое количество копий сложнейших изделий, изготовленных вручную, — наборных, вырезных филигранных с минимальными потерями драгметалла и более рациональным использованием ручного труда.

Современным оборудованием литья по выплавляемым моделям является комплекс, состоящий из нескольких блоков (установок). В такой комплекс входят: вулканизационный пресс, инжекционная установка, компрессор, установка для вибровакуумирования, плавильно-заливочная установка. Плавильно-заливочные установки бывают двух типов — с центробежной принудительной заливкой жидкого металла в форму и вакуумного всасывания.

Наиболее распространена установка центробежного литья.

**Схема ювелирно-литейного производства**

Изготовление образца (мастер-модели или прима-модели) для размножения литьем → изготовление резиновой пресс-формы → изготовление восковой модели → изготовление литейной формы → выплавление восковой модели и прокалка опоки с литейной формой → заливка металла в формы.

В качестве литейных используют золотые и серебряные сплавы, полученные сплавлением чистых металлов, т. е. первичные, а также оборотные (кусковые отходы производства). Сплавы должны отличаться хорошими литейными свойствами, поэтому в большинстве золотых сплавов в качестве легирующих компонентов присутствуют никель и цинк.

Образец для пресс-формы изготовляют из золота или недрагоценных металлов (мельхиора, латуни, бронзы) с последующим никелированием или родированием. Иначе поверхность металла будет пригорать к пресс-форме. Литье в форме неизбежно дает литейную усадку, поэтому образец изготовляют с поправкой на усадку, т. е. толщину металла делают во всех пропорциях «полнее» истинных размеров на 5...6 %.

**Изготовление резиновых пресс-форм.** В качестве сырья для резиновых форм используют сырые резиновые смеси следующих составов: ⟶

**Смесь марки 7889**

Каучук — 10,00
Тиурам — 0,30
Оксид цинка — 0,80
Литопон — 1,00
Неозон Д — 0,05
Мел — 5,5
Дибутилфталат — 0,20

**Смесь марки 970**

Каучук — 10,00
Сера — 0,30
Каптакс — 0,05
Оксид цинка — 0,60
Алдоль — 0,05
Фталевый ангидрид — 0,03
Жирные кислоты — 0,03

Подготовка резиновой смеси заключается в распрессовывании в вулканизационном прессе при температуре не выше 100 °С в течение 1...1,5 мин. Для этого кусок сырой резиновой смеси помещают между двумя сталь-

ными полированными плитами, смазанными кремнийорганической жидкостью во избежание прилипания смеси к металлу. Между плит устанавливают ограничители, позволяющие отрегулировать необходимый зазор. Выдержав 1...1,5 мин под давлением верхней плиты, смесь охлаждают под струей воды и отделяют от плит. Распрессовывать сырую резиновую смесь лучше непосредственно перед изготовлением пресс-форм. Для того чтобы фиксировать резиновые пластины относительно друг друга при сборке в пакет (несколько слоев резины), изготовляют резиновые замки — ребристые с одной стороны пластины. Для их изготовления распрессованную сырую резину вырезают по размерам пресс-форм и очищают ватным тампоном, смоченным в бензине. Пресс-форму протирают кремнийорганической жидкостью. Собранный пакет помещают в вулканизационный пресс, прогревают 5 мин; затем в течение 40 мин вулканизируют под давлением 40...100 кгс/см$^2$ при температуре 140 °С. По окончании вулканизации пакет охлаждают под струей воды и из пресс-формы извлекают ребристую резиновую пластинку.

Для изготовления разъемных пресс-форм из распрессованной резины вырезают пластины по форме и размерам металлической рамы. Пластины очищают бензином и укладывают в пачки. Количество пластин в пачке зависит от толщины модели. На нижнюю пачку кладут резиновые замки, обратная сторона которых зачищена и смочена бензином. Между замками укладывают и модель (оригинал). Ее располагают таким образом, чтобы замки обеспечивали фиксацию одной половины формы относительно другой, но не мешали извлечению восковых моделей. Поверхности верхней и нижней резиновых пачек, обращенные к модели, натирают тальковой пудрой, а по краям будущего разъема смазывают силиконовым маслом. После наложения верхней пачки на нижнюю сверху помещают дополнительную плиту, на которую будет оказывать давление плита пресса. Собранный пакет помещают в металлическую раму, вставляют в вулканизационный пресс и прижимают верхней плитой пресса. После того как температура верхней плиты достигнет 140...150 °С, ее опускают до предела, и под ее давлением производится вулканизация в течение 30...45 мин. По истечении этого срока обогрев выключают и раму с пресс-формой извлекают и охлаждают. Излишки резины обрезают и пресс-форму разъединяют по месту разъема и извлекают модель. На рабочей поверхности пресс-формы не должно быть неровностей и повреждений.

Для изготовления разрезных пресс-форм, так же как и для изготовления разъемных, пластины распрессованной сырой резины вырезают по форме металлической рамы, смачивают бензином и укладывают в пачки. Толщина пачек, как и для разъемных пресс-форм, зависит от высоты модели.

Модель ювелирного изделия укладывают между двумя пачками сырой резины, а полости изделия плотно заполняют ку-

сочками сырой резины. Собранный таким образом пакет вкладывают в металлическую раму и помещают в вулканизационный пресс. Далее процесс прессования и вулканизации протекает аналогично описанному. После извлечения пресс-формы из рамы ее разрезают на две половинки, аккуратно подрезая линию разъема скальпелем. Линию разреза выбирают неровной (бугристой) для лучшей фиксации половинок пресс-форм. Для извлечения из них сложной восковой модели делают дополнительные прорези. Качество изготовления пресс-формы определяют по опытному отливу восковой модели.

**Изготовление восковых моделей.** Модельный воск представляет собой однородную смесь двух-трех воскообразных компонентов, отвечающую требованиям состава — достаточной пластичности и прочности.

В двухкомпонентных составах могут быть использованы следующие пары: парафин и церезин-100 в различных пропорциях; парафин и шеллачный воск в различных пропорциях; парафин и сополимер в различных пропорциях. Трехкомпонентный состав включает парафин, сополимер этилена и шеллачный воск. В процентном соотношении парафина — 63, сополимера — 12, шеллачного воска — 25; в другом варианте парафина — 60, сополимера — 20, шеллачного воска — 20.

Состав загружают в инжекционный бачок. Крышку бачка закрывают и фиксируют. После этого включают обогрев, устанавливают температуру (70...80 °С) для модельного состава и регулируют давление сжатого воздуха в пределах 0,2...1,5 ат в зависимости от величины и формы восковой модели. На рабочую часть пресс-формы наносят тонкий слой тальковой пудры или распыленной силиконовой жидкости.

Нагретый до определенной температуры модельный состав путем надавливания на сопло подается из бачка в пресс-форму. Для моделей со сложной конфигурацией и крупных плоских моделей состав подается сильным или неоднократным нажатием. Половинки резиновых пресс-форм должны быть плотно прижаты.

Заполненную модельным составом пресс-форму выдерживают 1...2 мин до ее охлаждения, после чего из разъединенной пресс-формы осторожно извлекают восковую модель.

Для сборки моделей в блоки используют литники — восковые стояки с металлическим стержнем внутри. Их делают из отходов модельного состава от выплавки моделей. Восковые отходы расплавляют на песчаной или масляной бане и заливают в специальную форму, в которую заранее вложен взвешенный металлический стержень диаметром 1,5 мм. После охлаждения и извлечения из формы литник подвергают тщательному осмотру, зачистке (специальным шабером) швов, облоя и других дефектов.

Для сборки моделей в блок восковой стояк укрепляют в специальном приспособлении. Затем тонким лезвием электропаяльника припаивают модели к стояку (рис. 114). В результате

Рис. 114. Сборка восковых моделей в «куст» (блок)

образуется блок — «куст» или «елочка». Блок устанавливают на резиновую подставку, а затем промывают в 5 %-ном растворе сульфанола или в моющих средствах для синтетических изделий. Сушат блоки потоком воздуха до полного исчезновения влаги с поверхности моделей.

**Изготовление литейных форм.** Литейные формы изготавливают из формовочной массы, которая представляет собой сложный состав огнеупорных компонентов, как правило, оксидов кремния в виде кварца и кристобалита, гипса, различных замедлителей и связующих (глюкоза, бура, серная кислота) и др. Пропорции смесей различны, в основе 60...70 % оксиды кремния, 30...40 % гипса. Смесь используют в мелкоизмельченном состоянии и хранят в сухом месте. В качестве затворителя (для приготовления суспензии и ее затвердевания) применяют дистиллированную воду из расчета 0,32...0,42 л на 1 кг смеси. Изготовление литейной формы происходит по следующей схеме. В резиновый или полиэтиленовый цилиндр наливают дистиллированную воду и устанавливают на вибростоле вакуумной установки. При включенном вибраторе постепенно, при непрерывном перемешивании, в цилиндр засыпают формовочную массу. Формовочная масса перемешивается с водой 1,5...3 мин, после чего цилиндр накрывают крышкой и включают вакуумный насос для отсоса из цилиндра воздуха. Вакуум доводится до 0,8...0,9 ат, и смесь вакуумируется в течение 5...7 мин. Затем цилиндр с вакуумированной массой снимают с вибростола, а на вибростол, при умеренном вибрировании, помещают опоку с модельным блоком (опока устанавливается на резиновой подставке). Осторожно, чтобы не повредить блока моделей, формовочную массу заливают в опоку, закрывают крышкой и снова включают отсос воздуха. При вакууме 0,8...0,9 ат, как только смесь начнет разбрызгиваться, насос выключают. Вибрация продолжается 1...2,5 мин, до спадения вакуума. Через два часа резиновую подставку снимают и сушат на воздухе не менее 6 ч.

**Прокалка опок.** Выплавление восковых моделей и прокалка опок производится в специальных печах, обеспечивающих температурный режим от 100 до 1000 °С, поддоном для выплавленного воска. Литейную форму устанавливают в камеру нагретой печи на решетку вниз литниковой чашей и выдерживают при температуре 150° в течение 2...2,5 ч. Нагрев производят ступенчато в 2...3 приема (в зависимости от типа формовочной смеси) до 750...800 °С с периодическими выдержками в 1 ч при температуре 300, 480 °С и выдержкой 1,5...3 ч при температуре 750...800 °С. Охлаждение опоки производится со скоростью 100 град./ч. до температуры заливки. Температуру опоки для заливки металла рассчитывают в зависимости от литейного сплава по формуле:

$$t\ \text{опоки} = \frac{t^{\circ}\ \text{плав. сплава} + 50\ ^{\circ}\text{C}}{2}$$

**Заливка металла в формы.** Заливка металла в формы производится в специальной установке для центробежного литья (рис. 115). Для литья ювелирных изделий используют установки мощностью порядка 13 кВт, емкостью тигля 1,5 кг (для золота). Интервал регулирования температуры 700...1200 °С и частота вращения плавильного узла 220 об/мин.

Для заливки металла нагревают тигель установки до 700 °С и засыпают на дно тигля обезвоженную борную кислоту в качестве флюса из расчета 1,5...2,0 % от массы шихты. Затем нагревают тигель до температуры плавления сплава и загружают частями металл по массе отливки. Расплавленный металл раскисляют цинком для золота и фосфористой медью для серебра из расчета 0,1...0,2 % от массы шихты, перемешивая расплав. Избыток флюса с поверхности удаляют. Литейную форму из печи переносят и устанавливают в заливочном узле. Машину включают на установленное время вращения 2...3 мин и производят заливку. Снятую с заливочного узла форму охлаждают

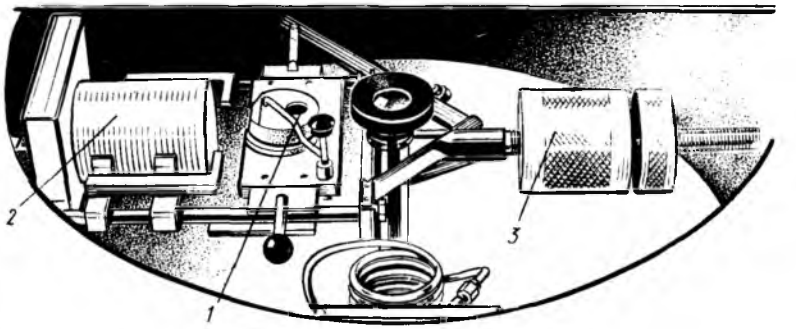



Рис. 115. Центрифуга установки для центробежного литья:
*1* — тигель, *2* — узел для крепления опоки, *3* — противовес

на воздухе до 60...70 °С. Отделяют блок от формовочной массы легкими ударами молотка по металлической опоке и стержню блока. Затем блок очищают жесткой щеткой. Окончательно очищают отливки от формовочной смеси в 20...40 %-ном растворе плавиковой кислоты. После травления отливки промывают в проточной воде и при необходимости осветляют в отбелах: золото в 10 %-ном азотном, серебро — 10 %-ном серном. После промывки и сушки блок готов к отделению отливок от литниковой системы.

Отделенные отливки даже в том случае, когда сделаны по модели целого изделия, еще не являются готовыми. Они поступают в монтировку для обработки поверхности, подгонки размеров колец, сборки замковых узлов в серьгах и брошах, припайки ушек кулонов и т. д. и только после окончательной монтировки готовы к закреплению камней и полировке.

## 7.7. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФИЛИГРАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Филигранными (от лат. «филум» — нитка и «гранум» — зерно) называют изделия, изготовленные из тонкой проволоки — гладкой, крученой, вальцованной и невальцованной, образующей сложные кружевные узоры (рис. 116). Филигрань, или скань (от русского слова «скать»), — один из очень старых и распространенных видов ювелирной техники, до сегодняшнего дня вызывающий восхищение у любителей и знатоков ювелирного и прикладного искусства. Изделия, изготовленные филигранью, охватывают почти все виды украшений и предметов быта. Различают ажурную и фоновую, или напайную, филигрань.

Ажурной филигранью называют кружевной узор с хорошо просматривающимся сквозным рисунком. Ажурная филигрань бывает плоской и объемной. К плоской относятся броши и другие изделия плоской формы. Примером объемной филиграни могут служить вазы, подстаканники, пудреницы, шарообразные, конусные и цилиндрические серьги, подвески и др.

Фоновая, или напайная, филигрань отличается от ажурной тем, что узор напаивается на специально подготовленный фон из того же металла. Фон может быть сплошным (глухая филигрань) или филигранным (ажурным). При филигранной основе рисунок фона делается более частым и, как правило, однотипным, чтобы не отвлекать внимания от основного

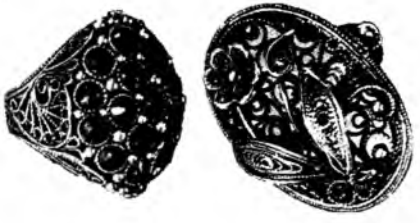


Рис. 116. Филигранные изделия

узора. Этот вид филиграни обладает высоким рельефом, и не только потому, что рисунок ложится в два слоя, но и потому, что листочки, лепестки, розетки и другие элементы филиграни, напаивающиеся на фон, не всегда бывают плоскими. Они могут иметь сложные выгибы, закрутки, а то и объемную форму. Как и ажурная, фоновая филигрань бывает плоской и объемной.

Для филигранных работ используют мягкие, способные вытягиваться в тонкую проволоку металлы и сплавы, хорошо паяемые, с относительно высокой температурой плавления и красивым внешним видом. Это — золото, высокопробное серебро (916-й пробы), нейзильбер, медь. Из них и делается заготовка для филиграни.

Виды заготовок, соответствующие элементам филигранного узора, разнообразны и на протяжении многих лет сохраняют свои названия — гладь, веревочка, шнурок, плетенка, елочка, дорожка.

Гладь — круглая проволока различных сечений. Исходным полуфабрикатом для заготовки служат слитки, которые прокатывают в профильных валках квадратного калибра до проволоки такого сечения, что ее можно протянуть через фильерную доску. Максимальное сечение проволоки для украшений 1,2...1,3 мм, минимальное — 0,2 мм.

Заготовка любой скани начинается с круглой глади, поэтому, заготавливая гладь, протягивают проволоку на все виды скани. Имея рисунок филигранного изделия, нетрудно определить длину заготовки каждого элемента и, следовательно, длину отрезка проволоки каждого сечения. Протягивая проволоку (общей длины) сквозь отверстия фильеры, отрезают с хвоста, чтобы снова не запиливать захватку, куски проволоки нужного сечения. Проволоку протягивают, периодически отжигая ее и следя за тем, чтобы не было плен и задиров. Прокатанную в плоских валках проволоку называют плоской гладью. Плоская гладь больших сечений часто служит контуром филигранного узора.

Веревочка — это жгутик, скрученный из двух проволок. Сечение проволоки для скручивания может быть любым и зависит от рисунка. Веревочки больших сечений применяют для контура филигранного изделия, малых сечений — для элементов рисунка. Для скручивания веревочек берут отожженную проволочку круглого сечения, складывают ее вдвое и один конец двойной проволоки закрепляют в специальной насадке (или цепляют за крючок) шпинделя электромотора. Затем проволоку натягивают и, держа в натянутом вдоль оси шпинделя положении, включают мотор. Проволока, скручиваясь, уменьшается в длине (натяжение ее должно сохраняться равномерным). Скрутка не должна быть слабой. Если скань обрывается, ее отжигают, а затем продолжают скручивать. Обычно скручивание длится до второго обрыва скани.

Веревочка, прокатанная в плоских валках, называется плоской веревочкой и является одним из наиболее широко приме-

няемых видов скани. Сплющенная с боков, она имеет на ребрах зернистую поверхность, что создает удивительной красоты зернистый узор в изделии. Толщина плющения зависит от сечения веревочки; так, для веревочки, свитой из проволоки сечением 0,2...0,3 мм, толщина плющения 0.30...0,35 мм. При плющении веревочек с большим сечением проволоки увеличивается и толщина плющения. Выбор веревочек для плющения зависит от характера узора и размеров изделия.

Из плоской веревочки изготовляют все основные элементы филиграни.

Ш н у р о к — жгут, скрученный из трех или четырех проволочек. Может быть свит из двух веревочек. Располагая рисунок веревочек по-разному, получают различный рисунок шнурка. Интересный шнурок получают скручиванием проволоки различных сечений или веревочки и проволоки. Свивают шнурок, аналогично веревочке, на моторе, а короткие отрезки — вручную.

П л е т е н к а — косичка, плотно сплетенная из трех проволочек. Изготавливают ее вручную из коротких отрезков хорошо отожженной проволоки, а затем выравнивают. Являясь боковым ободочком плоского филигранного изделия, плетенка из тонкой проволоки очень эффектно украшает его.

Е л о ч к а — эффект елочки создают две лежащие рядом веревочки со спиралью, направленной в разные стороны. Если по эскизу елочка имеет сложный изгиб, то веревочки спаиваются между собой заранее, если же она лежит прямо или с незначительными изгибами, то их совмещают в процессе набора филиграни.

Д о р о ж к а к р у г л а я представляет собой слегка растянутую спираль из круглой глади малого сечения. Для ее изготовления тонкую проволоку навивают на ригелек нужного сечения (0,5...1,0 мм). Снятую с ригелька спираль слегка растягивают так, чтобы зазор между витками был не более сечения проволоки. Круглая дорожка — прекрасное украшение, выделяющее отдельные орнаменты из общего узора.

Д о р о ж к а с м я т а я имеет вид поваленной спирали, кольца которой, наваливаясь, частично закрывают друг друга. Изготовляют дорожку навиванием проволоки в виде спирали на цилиндрический ригелек. Ригельком может служить стальная проволока диаметром 1,0...3,0 мм, в зависимости от размера изделия и характера рисунка. Сечение проволоки выбирается также индивидуально. Сминают спираль легким текстолитовым молоточком на правочной плите так, чтобы расхождение колец было одинаковым. Смятая дорожка применяется в качестве оправы камня, обрамления изделия, розетки для корнера (шарика) и других элементов филиграни.

Разновидностью смятой дорожки является плющеная дорожка. Отличается от смятой тем, что плющение ее происходит в плоских валках. Зазор между валками устанавливают равным сечению проволоки, так что сминается спираль только в местах

нахлеста проволоки. Расхождение колец таково, что они едва касаются друг друга, а поэтому вытягиваются поперек дорожки и принимают форму капли. Используется плющеная дорожка в тех же случаях, что и смятая, и является не менее эффектным украшением.

З и г з а г — зигзагообразные дорожки двух видов: зубчатый зигзаг и круглый зигзаг (змейка). Любой из этих видов, набранный в одной плоскости в несколько рядов, образует красивый ажурный равномерный фон. Зубчатую дорожку делают из плоской глади, круглой и плоской веревочки, толщина которых колеблется в пределах 0,3...0,5 мм, с помощью миниатюрных зубчатых вальцов с ручным приводом. Рабочими валками служат специальные шестерни, зубцы которых изгибают плоскую заготовку, проходящую между ними, в зигзаг. Заготовкой для змейки служит плоская или круглая веревочка, которую навивают сразу на два ригелька (одинаковых по диаметру) восьмеркой, как бы завязывая их. Затем ригельки вынимают из полученной двойной спирали, и спираль осторожно плющат, как обычную дорожку. Поваленную двойную спираль растягивают на ширину звена и выравнивают в плоскости, чтобы избежать нахлестов. Оба вида зигзагообразных дорожек используют как промежуточные элементы ажурной филиграни, т. е. между двумя веревочками, шнурком и веревочкой, кастом и веревочкой и т. д., а также при изготовлении фоновой филиграни с ажурным фоном.

Все заготовительные работы проводят с хорошо и равномерно отожженной сканью. Перечисленная скань — не только самостоятельный элемент филиграни, но и исходный материал для изготовления других элементов.

Основной инструмент для изготовления элементов филиграни— филигранные пинцеты (филигранные корцанки) и филигранные ножницы (маленькие ювелирные ножницы по металлу). Филигранный пинцет (рис. 117) — это жесткий с широкими щечками пинцет с резко суживающимися (до иглы) рабочими концами (губками). Длина пинцета 120...150 мм, ширина щечек 18...20 мм, толщина листового проката на щечках 1,0...1,2 мм, длина губок пинцета 15...20 мм. Изготовляют пинцеты из нержавеющей стали.

Трудно перечислить все элементы филиграни, из которых набирается узор, но основные из них, многократно повторяющиеся в узорах, это колечко, полуколечко, репейчик, звездочка, огурчик, грушечка, зубчик, развивашечка, лепесток, корнер, тройник, головочка, стенек, травка, завиток, листочек, завивка, жучок, розетка и др. (рис. 118). За элементами сохранились старые их названия, поэтому некоторые из них звучат для нас необычно.

К о л е ч к о — изготовляют из плоской и круглой глади, круглой и плоской веревочки. Хорошо отожженную скань навивают на ригелек диаметром, соответствующим диаметру заданного рисунком колечка, затем снятую с ригелька пружину разрезают по витку и концы витка совмещают. Колечки применяют для

Рис. 117. Филигранный пинцет

Рис. 118. Элементы филиграни:

*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, *п* — лепесток, *р* — жучок

набора фона фоновой филиграни, как основу для некоторых элементов (корнеров, жучков) и как составную часть элементов.

Полуколечко — это, как показывает само название, часть колечка. Получают его из той же скани и тем же способом, что и колечко, но от пружины отрезают только часть витка. Полуколечками выкладывается красивый, чешуйчатый фон фоновой филиграни. Помимо этого его используют как самостоятельный элемент и как составную часть других элементов.

Репейчик — элемент филиграни, образованный колечком внутри и четырьмя полуколечками по окружности. Изготовляется обычно из плоской веревочки, реже из круглой веревочки и плоской глади малого сечения.

Звездочка — собирается, как и репейчик, из колечка в центре и полуколечек по окружности, но число полуколечек — 5, 6 и более. Радиус полуколечек выбирается в зависимости от их числа. Звездочки делают из той же заготовки, что и репейчики.

Огурчик — сложенный из двух одинаковых дуг элемент, напоминающий форму «маркиз». Дуги огурчика сгибают филигранными пинцетами и, определив длину по рисунку, отрезают. Обычно огурчики заготавливают из плоской или круглой веревочки.

Грушечка — по форме напоминает каплю, острый конец капли может загибаться в сторону. Изготовляется филигранными пинцетами из плоской и круглой веревочки.

Зубчик — согнутый из плоской или круглой веревочки уголок, по форме напоминающий контур зуба пилы или шестерни. Зубчик должен иметь прямые усики; угол расхождения и длину усиков определяют по рисунку.

Развивашечка — это зубчик с завитыми (загнутыми) наружу усиками. Изготовляют ее из той же заготовки, что и зубчик.

Лепесток — по форме напоминает лепесток ромашки. Делают его из плоской или круглой веревочки или плоской глади. Вставленные друг в друга и соединенные при основании лепестки разных размеров создают красивые филигранные разводы.

Корнер — шарик. Получают корнеры плавлением обрезков металла соответствующих размеров. Для получения корнеров с одинаковыми диаметрами проволоку одного сечения нарезают на одинаковые участки и плавят или тонкий прокат нарезают ножницами в виде кисти, а затем, отрезая поперек концы кисти, получают одинаковые отрезки. Плавка корнеров может производиться несколькими способами: на древесном угле, причем отрезки раскладывают так, чтобы они не касались друг друга; на асбестовом леткале — плавятся корнеры мелких размеров (у крупных снизу образуется площадка); в тигле в среде древесно-угольной пыли или бумажного пепла (плавят большое количество корнеров). Корнеры — прекрасное дополнение филигранного узора. Помещают их на кольцевую основу: колечко, центральный кольцевой участок головки, стенька, завитка, розетки и т. д. Большое количество напаянных мелких корнеров называют зернью.

Тройник — трилистник, согнутый филигранным пинцетом из плоской или круглой веревочки или плоской глади.

Головочка — плоско накрученная спиралька, один конец которой образует дугообразный хвостик, а другой — центральное колечко, центр спиральной головки. Головочка может иметь 4, 5, 6 витков и более в зависимости от характера и размеров узора и толщины скани. Навивается головочка пинцетом из плоской веревочки, реже из круглой.

Стенек — имеет подобно головочке с одной стороны дужку, завитую в плоскую спираль, с другой — конец, образующий колечко, но колечко это находится не в центре спиральной головки, а прижато к дужке. Головка стенька образует, кроме колечка, один виток, и если головка имеет два или три витка — элемент называют соответственно двойным или тройным стеньком. Делают стенек аналогично головочке и из той же заготовки.

Травка — изготовляется из элемента «зубчик» с длинными усиками, концы которых завиваются в одну сторону плоской спиралью. Концы имеют по два-три витка. Для травки используют плоскую гладь и плоскую и круглую веревочку.

Завиток — дужка с концами, завитыми внутрь, до образования колечек. Для завитков используют плоскую гладь, плоскую и круглую веревочку.

Листочек — плоская спираль, смятая с боков в виде листочка. Из плоской веревочки пинцетом делают спиральный круг, который потом пинцетом сжимают с боков так, чтобы образовались острые концы листочка. Число витков в листочке зависит от его размеров и толщины скани. Листочек применяют как самостоятельный элемент или в сочетании с несколькими листочками для образования цветка. Изготовленному плоскому листочку перед набором придают естественный изгиб.

Завивка — спаянный в плоскости из трех листочков различной формы трилистник, который перед набором изгибают.

Жучок — элемент, образованный колечком из круглой дорожки (спирали) и корнера, находящегося в центре. Сечение проволоки для спирали зависит от размеров колечка, которое будет сделано из этой спирали, а размер колечка — от величины самого изделия. Спиральное колечко сгибают пинцетом. Припаивают корнер (он не должен проваливаться и должен закрывать большой участок спирали) уже в общем наборе филиграни. Жучок сажают на кольцевую основу ранее набранного колечка соответствующего размера.

Розетка — сферическая вогнутая чашечка из смятой дорожки с корнером внутри. Для изготовления розетки, как и для жучка, делают спиральное колечко, которое затем бухтеруют в анке или другой сферической матрице. Полученную вогнутую чашечку спаивают с корнером тоже в общем наборе.

Изготовление филигранных элементов с помощью пинцетов производят от целого (длинного) куска скани, который отрезают только после полного совпадения элемента с рисунком.

Плоскую ажурную филигрань набирают по рисунку, выполненному на бумаге в натуральную величину. Рисунок наклеивают на плоский шаблон, сделанный из листовой низкосортной стали толщиной 0,5...0,8 мм. Размеры шаблона отвечают габаритам рисунка. Набор целесообразно начинать с контура и продолжать по степени уменьшения элементов.

Каждый элемент сгибают точно по рисунку, и только после того как он полностью совпадает с нарисованным, отрезают (маленькими ювелирными ножницами). После этого его смазывают с изнанки клеем и приклеивают на рисунок, полностью замещая изготовленным элементом нарисованный. И если больше нет одинаковых с ним элементов, то приступают к следующему. Для набора филиграни используют клей БФ-2, столярный и вишневый (камедь) или нитролак. Набранному узору дают высохнуть, затем, чтобы узор во время пайки не сместился, равномерно привязывают его к шаблону биндрой (вязальной проволокой) и в таком виде паяют. Применение клея БФ-2 и нитролака делает возможным набирать филигрань без привязки биндрой, а значит, и без шаблона. В этом случае набранному на

бумажном рисунке узору дают высохнуть, а затем аккуратно отдирают бумагу. Образованная клеем или лаком пленка удерживает узор, не давая элементам распадаться. Пайку производят на ровной плите из асбоцемента.

Опытные мастера при неоднократном выполнении одного и того же узора рисунка на бумаге не делают, наносят только контур, а набирают филигрань по клеточкам обычного тетрадного листа.

Объемную ажурную филигрань можно набирать двумя способами: в плоскости по рисунку развертки объемной фигуры и по листовому шаблону, имеющему форму данной фигуры. Набранная в плоскости развертка объемной филиграни после пайки должна принять форму заданной фигуры. Достигается это изгибанием изделия вручную с последующей правкой, выгибанием в матрицах (кожаных, войлочных, деревянных, свинцовых, стальных с подкладкой) с помощью пуансонов из тех же материалов. После придания изделию нужной формы производят пайку швов.

В другом случае набор объемной ажурной филиграни производят на изогнутом или вогнутом (бухтерованном) шаблоне, подобно плоскому набору, но процесс очень осложняется тем, что не совсем легкие элементы приходится не только сгибать по рисунку, но и выгибать по форме шаблона. Подобная работа требует от филигранщика некоторого навыка.

Плоскую фоновую филигрань начинают набирать с фона, аналогично ажурной, по бумаге, наклеенной на плоский шаблон. Причем на бумаге вычерчивается не узор (рисунок, как правило, однообразный), а только контур, в пределах которого и набирается узор. Дальше, как и при ажурной филиграни, набранный фон паяют и после отбеливания приступают к набору верхнего узора. Элементы верхнего узора изготовляют также по рисунку, который, в отличие от ажурного набора, лежит рядом. На фон изделия рисунок не может быть наклеен, потому что элементы верхнего узора должны припаиваться к фону. Верхний узор фоновой филиграни, как правило, реже ажурной, и элементы узора не всегда спаиваются между собой. Поэтому набор верхнего узора не требует такой тщательной подгонки элементов друг к другу, как при ажурной филиграни. Закончив набор верхнего узора, его привязывают к фону как к шаблону, вязальной проволокой и паяют. Однако не всегда бывает можно привязать верхний узор к фону. Элементы филиграни, имеющие сложный асимметричный изгиб, высокий рельеф и ряд других причин, не позволяют производить пайку увязанного изделия. В таких случаях верхний узор паяют в несколько приемов.

Объемную фоновую филигрань набирают аналогично плоской фоновой. Если объемную фигуру изделия можно представить в виде развертки, то фон набирают в плоскости, паяют, а затем придают форму изделия. Добиваются этого теми же способами, что и при изготовлении объемной ажурной фили-

грани. Если сложная форма изделия исключает возможность представить изделие в развернутом виде, то фон набирают по жестяному шаблону, имеющему объемную форму изделия. Элементы филиграни для такого набора должны изгибаться по форме шаблона. В изделиях, имеющих сложную кривизну, например шарообразных, фон целесообразно набирать из мелких элементов — колечек, полуколечек и т. д. Иногда набор производят по фрагментам (секциям), которые затем спаиваются между собой, образуя объемную фигуру (рис. 119). Верхний узор объемной филиграни набирают теми же способами, что и плоскую фили-

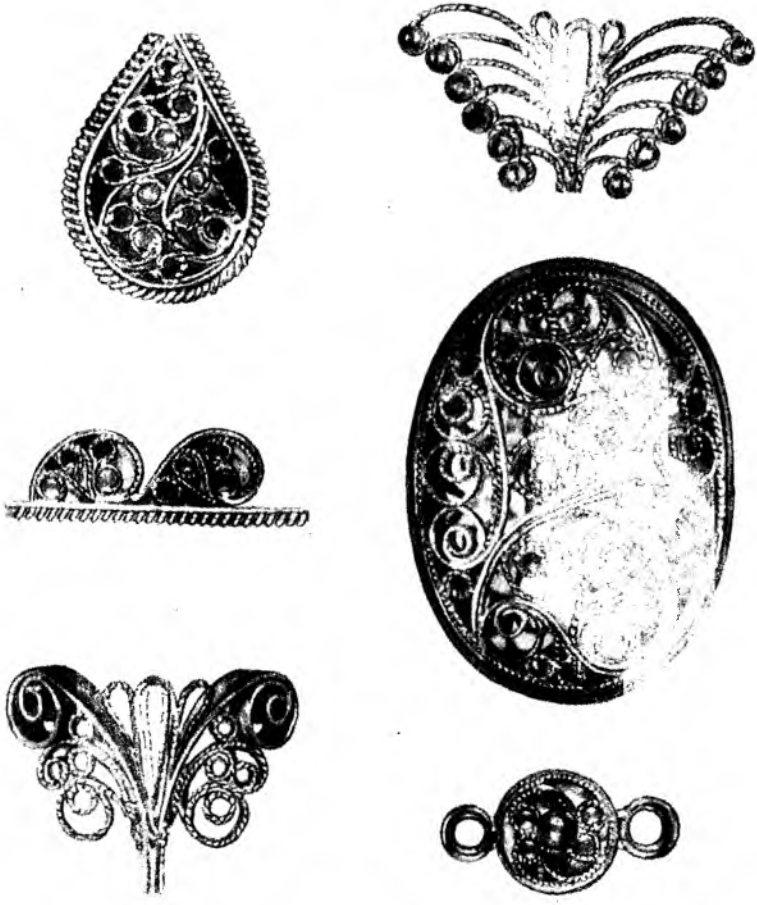


Рис. 119. Фрагменты филигранных изделий

грань с той лишь разницей, что количество приемов пайки может быть увеличено.

Набор глухой филиграни — это набор по готовому изделию, изготовленному из листового проката толщиной 0,6... 1,0 мм. Изделие должно иметь хорошо подготовленную поверхность. Если предусмотрено полирование, то поверхность, служащая фоном глухой филиграни, должна быть отполирована и обезжирена. Узор по глухому фону, чаще всего несложный, выкладывается различной сканью: веревочкой, шнурками, дорожками и изготовленными элементами филиграни. Набор производится так, чтобы узор плотно прилегал к фону и припаивался по всей длине его касания.

Пайка — одна из самых ответственных операций при изготовлении ювелирных изделий, а филигранных особенно. Сложное, с множеством мелких элементов, спаянных между собой, филигранное изделие должно отличаться не только чистотой исполнения, но и надежностью в эксплуатации. Поэтому филигранной пайке уделяется особое внимание. Пайка филиграни производится ювелирными припоями, обладающими хорошей текучестью, пластичностью. Хорошая текучесть припоя обусловливает равномерный спай элементов филиграни, быструю растекаемость припоя во всем швам площади прогрева. Для золотой филиграни следует выбирать припой с наименьшим количеством цинка и кадмия, так как эти металлы не только резко понижают температуру плавления сплава, но и обладают разъедающими свойствами при перегреве металла.

Для серебряной филиграни и филиграни из недрагоценных металлов пользуются стандартным серебряным припоем ПСр72, а также 70 %-ным серебряным припоем, в состав которого не входит цинк, а только медь. Изготовить такой припой можно сплавлением серебра 875-й пробы с медью в соотношении 4:1.

Филигранные припои применяются в виде опилок, в смеси с бурой. Для приготовления смеси слиток припоя зажимают в ручные металлические тиски и грубым напильником напиливают из него опилки. Делают это на рабочем месте ювелира так, чтобы опилки собирались в чисто выметенную кожу. Напиливая припой, стараются не задеть финагель и другие деревянные части верстака, чтобы исключить попадение в припой дерева. Обычно кожу застилают листом бумаги, так как при выметании щеткой из кожи опилки могут запылиться. Из опилок удаляют магнитом попавшее железо, и опилки ссыпают в банку, где смешивают с прокаленной и перетертой бурой в соотношении 1:1 по объему. Затем смесь насыпают в рожок, из которого посыпают изделие. Рожок делают из тонкого листа любого металла в форме удлиненной воронки с узким горлышком, через которое высыпается припой. Для более точного отсекания порции опилок применяют рожок с клапановой иглой. Иглу изготовляют из проволоки сечением, равным диаметру горлышка. Один конец иглы затачивают, а другой сворачивают в кольцо для продевания

в него пальца, которым регулируют подачу припоя, выталкивая его иглой через горлышко.

Набор филиграни, привязанный к шаблону, смачивают водой или слабым раствором буры (для золота и нейзильбера раствором борной кислоты) и помещают на леткал, но не на асбест, а на металлическую сетку. Сетка обеспечивает равномерный прогрев набора со всех сторон. Затем набор посыпают очень тонким слоем припоя (избыток припоя заливает рисунок) и прогревают мягким пламенем паяльного пистолета. Металлический шаблон не только предупреждает коробление набора, но и помогает равномерному нагреву всех элементов филиграни. Сгоревшая бумага (наклеенная на шаблон), находящаяся между шаблоном и набором, предохраняет набор от пригорания к шаблону. Как только набор достигает температуры плавления припоя, припой «разбегается» по швам (стыкам). Места, где элементы не спаялись, снова посыпают припоем и прогревают. Потом набор усаживают элементами, которые не привязываются (жучки, рельефные листочки, розетки и т. д.). И в последнюю очередь — корнерами. Набор посыпают припоем в местах соприкосновения элементов филиграни и прогревают его до растекания.

Спаянную филигрань отвязывают от шаблона, следя за тем, чтобы не осталось кусочков биндры и окалины от шаблона, и отбеливают. Попадание железа в отбел вместе с изделием вызывает на изделии красный налет, который затем трудно удалить с филиграни. Только после отбеливания можно определить чистоту спаянных соединений и наличие всех непропаев. Если таковые обнаружены, их пропаивают заново.

## 7.8. ЗАКРЕПКА КАМНЕЙ

Закрепкой в ювелирной технике называют процесс закрепления камней в оправу или гнездо готового изделия. Сущность закрепки заключается в том, чтобы подготовить (обработать) гнездо по форме и размерам камня, надежно закрепить камень в изделии и обработать оправу или гнездо так, чтобы изделие было не только красиво, но и удобно в эксплуатации. Нетрудно себе представить последствия некачественно закрепленного камня — потеря камня, раздражение участков тела, соприкасающихся с шипом камня, постоянное зацепление оправой за одежду и другие предметы, находящиеся в соприкосновении с изделием и т. д. Квалифицированно и качественно закрепленное изделие помогает увидеть камень и все изделие с наилучшей стороны.

Существуют три основных вида закрепки камней — крапановая, глухая и корнеровая (рис. 120).

**Крапановая** — камень в оправе держится с помощью крапанов (отдельных стоек).

**Глухая** — камень в оправе держится за счет обжатия пояском по всему периметру (как бы завальцован).

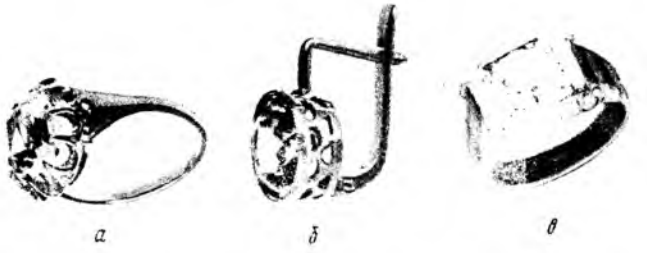



Рис. 120. Виды закрепок камня:
*а* — крапановая, *б* — глухая, *в* — корнеровая

**Корнеровая** — камень держится в отверстии за счет корнеров (шариков), выделенных из металла штихелем.

Каждый из видов закрепки имеет свои разновидности: в крапановых кастах крапаны могут быть высокими и низкими, широкими и узкими, сдвоенными и разрезными. Если в прямоугольной оправе камень удерживается стороной, отделенной от других, — закрепка тоже считается крапановой. Крапановая закрепка придает изделию легкость и ажурность. Наиболее открытый со всех сторон камень не только сохраняет без искажения для просмотра свою форму и огранку, но и усиливает игру благодаря поступлению большего количества света. Изделия с крапановой закрепкой камня удобны тем, что камни в них легко промываются, а периодическая промывка камней для снятия налета и восстановления игры камней необходима.

При глухой закрепке камня обжимной поясок каста плотно прилегает к камню со всех сторон и может быть обработан под глянец только с внешней стороны (как делают обычно для «мягких» камней). Для камней высокой твердости у прижатого к камню обжимного пояска делают еще и внутреннюю глянцевую подрезку, образуя вокруг камня непрерывное ребро, на котором делают зернистую насечку (гризант). Такая гризантная насечка дополнительно украшает камень, создавая вокруг него зернистое обрамление. Глухая закрепка надежно удерживает камень в оправе и при необходимости дает возможность придать камню более правильную форму. Внутренняя глянцевая подрезка в белом металле (платине, белом золоте, серебре) вокруг бриллианта создает эффект большего размера. При эксплуатации изделий с глухой закрепкой камней исключена возможность зацепления оправы за одежду.

Корнеровая закрепка — самая разнообразная. Этот вид закрепки используют тогда, когда нужно закрепить камень не в касте, а непосредственно в металле. Для этого отверстие в изделии готовят заранее. Корнеровая закрепка может быть применена как к одному камню, так и к любому количеству камней,

расположенных в различном порядке. Как правило, это мелкие камни диаметром от 4 мм и менее. Различная обработка вокруг камней может создавать разнообразные эффекты, выделяя разновидность корнеровой закрепки. Зеркальная подрезка вокруг камней может выделять каждый камень, а может создать впечатление слияния камней в узоре. Если камень удерживается корнерами и вокруг него нет дополнительной обработки или срезан только глянец, закрепка называется корнеровой. Если вокруг камней сделана глянцевая подрезка, образующая ребро (от нем. «фаден» — нить), то закрепку называют фаденовой. Срезанный фаден (ребро) может создавать контур вокруг камней или рисунок, заключающий в себе камни. Если по ребру фаденовой разделки наносится гризант (зернистая насечка), то закрепка называется фаден-гризантной. В том случае, когда фаден или фаден-гризант, проходя между камнями, образуют четкие квадраты или построение камней образует квадрат, закрепку называют «каре».

Каждый вид закрепки насчитывает по нескольку операций и требует разного к ним подхода в зависимости от формы и количества камней, поэтому набор инструмента и приспособлений очень разнообразен.

Инструмент для закрепки камней включает более десятка наименований. Это штихели, ручные деревянные тиски, киттштоки, обжимки, корновертки, корнезеры, надфили, полировники, ювелирная дрель, сверла и др.

**Штихели** (рис. 121) — резцы, которыми вырезают гнезда для посадки камней, ставят корнеры, делают различную разделку в зоне закрепки камней. Все режущие штихели изготовляют из

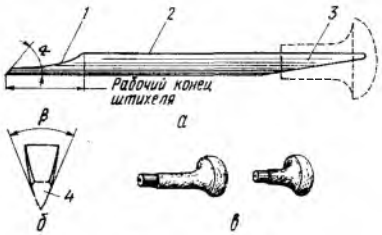



Рис. 121. Штихель:

*а* — клинок, *б* — рабочая часть, *в* — ручки для штихеля; *1* — вырез рабочей части, *2* — спинка, *3* — хвостовик, *4* — площадь заточки, α — угол заточки штихеля, β — угол лезвия

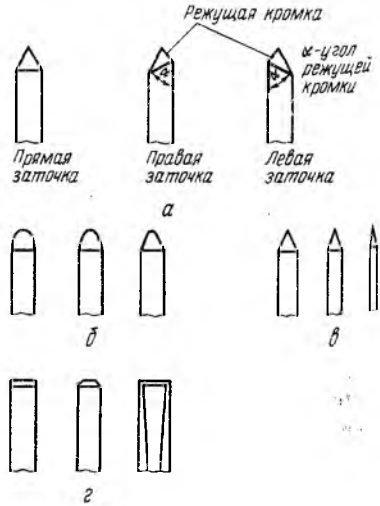



Рис. 122. Основные профили закрепочных штихелей и их заточка:

*а* — шпицштихель, *б* — боллштихель, *в* — мессерштихель, *г* — флахштихель

специальных сталей с обязательной закалкой. Штихель состоит из клина и ручки.

Клинок, или стержень, штихеля, длина которого 100...120 мм, вставляется в деревянную ручку грибовидной формы. Верхнюю часть клинка называют спинкой, нижнюю — лезвием.

Угол лезвия — это угол между боковыми гранями (сторонами) клинка. Наклонную лобовую площадку, полученную в результате затачивания, называют площадью заточки, а угол, образованный между лезвием и площадью заточки — углом заточки. Рабочий конец штихеля со стороны спинки имеет дугообразный вырез, позволяющий уменьшить угол заточки.

Режущей кромкой служит ребро, образованное площадью заточки с боковыми сторонами и лезвием под острым углом.

Режущие штихели каждого наименования делятся по номерам, которые определяют толщину спинки, а следовательно, и угол лезвия.

Все режущие штихели должны иметь хорошо заполированные лезвия и стенку, образующую режущую кромку. Заточка штихелей производится на мелкозернистых брусках, смазанных машинным маслом. Оптимальный размер брусков 25×50×150 мм.

Заточку производят со стороны спинки штихеля под необходимым углом штихеля к камню. Желательно, чтобы площадь заточки образовалась за один прием заточки. Полировка стенок и лезвий штихелей производится на мраморных брусках и коже, натертой полировочной пастой (ГОИ).

Все штихели вставляют в заранее просверленное отверстие (2...3 мм) ручки на глубину $^2/_3$ ее длины. Длина ручек режущих штихелей от 30 до 70 мм, в зависимости от изменения длины клинка в процессе затачивания.

Диаметр шейки 10...12 мм, шляпки 30...35 мм. Шейка ручки укрепляется металлическим кольцом, предохраняющим ручку от раскалывания. Нижняя часть шляпки скалывается, образованная плоскость позволяет работать штихелем под более острым углом к обрабатываемой поверхности, дает возможность лучше фиксировать положение штихеля во время работы и плотнее захватывать ручку в ладони. Форма и заточка штихелей каждого наименования соответствуют их назначению. На рис. 122 приведены основные профили закрепочных штихелей и их заточка.

**Шпицштихель** — один из наиболее распространенных режущих штихелей, имеет клиновидную форму с выпуклыми боковыми сторонами. Угол лезвия шпицштихеля 30...45°, оптимальный угол заточки 45°. Может иметь прямую и боковую (правую и левую) заточку. При прямой заточке площадь заточки образует острый угол только с лезвием, таким образом, режущая кромка получится угловой и штихель будет выполнять черновую разделку при фаден-гризантной закрепке и двустороннюю подчистку. Шпицштихель с боковой заточкой выполняет юстировочные функции (внутренней боковой подрезки). При правой заточке

площадь заточки образует острый угол не только с лезвием, но и с правой (со стороны спинки) боковой стороной. В этом случае режущей кромкой будет правая сторона штихеля. Угол схождения площади заточки с правой стороной будет углом режущей кромки, диапазон его 45...60°. Левая заточка отличается от правой тем, что режущая кромка, образованная острым углом, находится на левой стороне. Шпицштихели с боковой заточкой применяют для впасовки камней при корнеровой закрепке и в каст, для чистовой обработки кастов и фаден-гризантной разделки, подчистки корнеров и т. д. Лезвие штихеля слегка зашлифовывают (заваливают) на бруске. Номер штихеля и высоту рабочей части клинка выбирают в зависимости от характера работы и размеров камней. Для впасовки больших камней лезвие зашлифовывают больше обычного.

**Боллштихель** — штихель с закругленным лезвием, независимо от формы сечения клинка. Боллштихель может иметь вертикальные и наклонные (прямые и выпуклые) боковые стенки в зависимости от того, каким должно быть закругление. Радиус закрепления закрепочных боллштихелей колеблется от 0,2 до 1,0 мм. Угол заточки 45...60°. Применяются они при фаден-гризантной закрепке для поднятия металла в штрих (пенек), на котором накатывают корнер. Величина корнера зависит от радиуса закругления лезвия и угла заточки штихеля: чем больше радиус закругления и угол заточки, тем толще поднятый корнер. Это очень ответственная операция, требующая хорошей закалки рабочего конца штихеля. При постановке корнера прикладывается большее усилие, чем при простом срезе, при перекалке же штихеля режущая кромка его сразу обламывается, а при недостаточной закалке режущая кромка сминается — и штихель может сорваться, сломав корнер. Боллштихель применяют для прорезки и подчистки желобковых участков изделия.

**Мессерштихель** — имеет клинообразную форму в сечении и острое лезвие. Угол лезвия, в зависимости от номера, от 15 до 30°. Угол заточки штихеля около 60°, высота рабочей части 3...4 мм, при более низком затачивании конец становится «жидким». Мессерштихель используют для подчистки мест между корнерами и других труднодоступных участков.

**Флахштихель** — при любой форме сечения клинка должен иметь плоское лезвие. Форма флахштихеля может быть прямоугольной (с отвесными боковыми сторонами), трапециевидной (с малым и большим основанием лезвия). В зависимости от назначения ширина лезвия бывает от 0,2 до 4,0 мм. Особенностью флахштихелей является то, что высота рабочего конца оставляется не более 2,0 мм, это делает инструмент удобным в работе и облегчает заточку. Узкие флахштихели используют для чистовой подрезки фаден-гризантной закрепки, обрезки корнеров и для других целей; широкие — для чистовой обработки кастов и разделки всех видов закрепки, для глянцевой подрезки.

**Давчик** (рис. 123) — стержень, вставленный в грибовидную ручку. Различаются давчики по форме и поверхности рабочей площадки. Давчик для крапановой закрепки изготовляется из стали, его рабочая часть имеет площадку с желобковым пропилом. Рабочая часть давчика, служащего для зажатия камня узкими крапанами, не закаливается. Для зажатия толстых крапанов и стенок толстостенного глухого каста используют сапожковый давчик, рабочая площадка которого имеет мелкую насечку. Тонкостенные касты зажимают сапожковым давчиком с гладкой незакаленной рабочей площадкой. Этим же давчиком выравнивают форму каста по всему периметру. В тех случаях, когда необходимо сохранить форму крапана, поверхность стенки глухого каста или когда возникает опасность скола камня при соприкосновении давчика с камнем (для посадки мелких камней в гнездо), применяют медные давчики — сапожковые и с круглой площадкой.

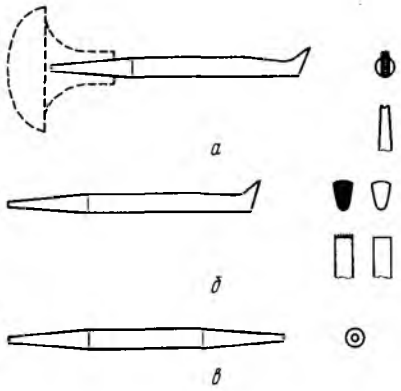



Рис. 123. Давчики (справа — их рабочие площадки):

*а* — для крапановой закрепки, *б* — для глухой закрепки, *в* — для посадки мелких камней при фадан-гризантной закрепке

**Ручные деревянные тиски** (рис. 124) — применяются для за-

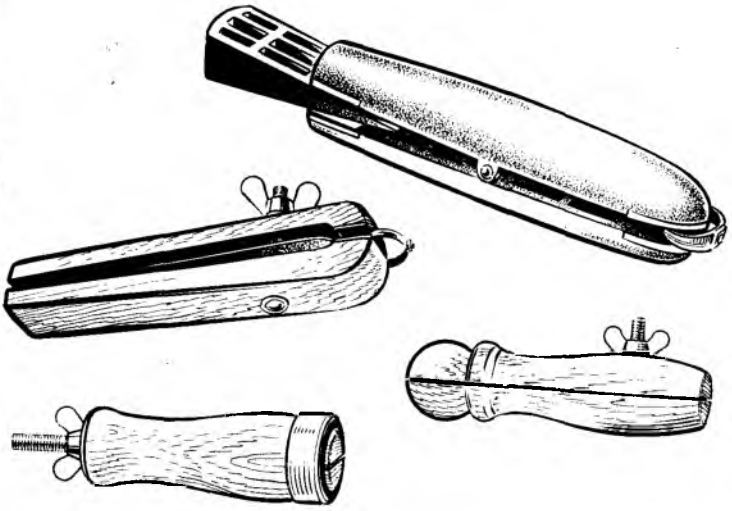


Рис. 124. Ручные тиски

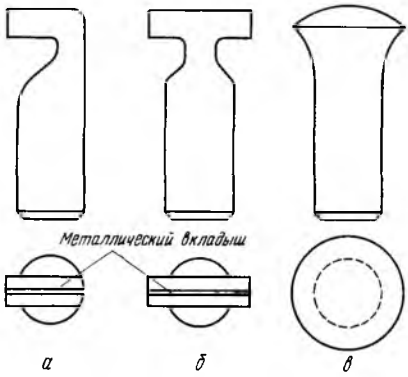



Рис. 125. Киттштоки (сверху — вид спереди, под ним — вид сверху):

*а* — односторонний для колец, *б* — двусторонний для колец, *в* — плоский для всех остальных видов изделий

крепки камней в кольца, а также для разделки поверхности колец. Используют как винтовые, так и клинозажимные тиски. Длина тисков — 100...120 мм, расхождение губок до 15 мм. Верхняя, рабочая часть тисков может быть любой формы: плоской, выпуклой, полукруглой, конической. Тиски для закрепки подбирают в зависимости от кольца, его размера, размера и формы верхушки, наличия накладок и т. д. Конструкция тисков должна быть прочной, изготовляют их из твердых пород дерева. Допускается изготовление из текстолита, но с накладными деревянными или кожаными наклейками в рабочей части губок.

**Киттштоки** (рис. 125) — применяются в качестве держателей для закрепки насмоленных на них изделий. Закрепку камней в серьги, броши, подвески нельзя произвести в тисках или удерживая их на финагеле. Ряд колец также не может выдержать давление тисков, поэтому для сохранения формы изделия и для надежной закрепки камней изделия фиксируют (насмаливают) на киттштоках. Киттшток представляет собой деревянную цилиндрическую ручку диаметром 30...35 мм и длиной 90...100 мм с приспособленной для насмолки различных изделий торцовой частью (головкой). Головки киттштоков должны быть различных конфигураций и размеров, например: для брошей и подвесок гладкие плоские или слегка выпуклые; для серег — с вырезом для насадки шинки и т. д. Диаметр головки выбирают по размеру верхушки. Головку покрывают слоем специальной пасты — китта, жестко фиксирующего изделие в нужном положении.

При нагревании китт — смесь канифоли с молотым мелом или зубным порошком — размягчается и заполняет полости и промежутки изделия, а остывая, твердеет и позволяет во время закрепки камней и разделки изделия прикладывать большее усилие без опасения деформировать изделие.

**Обжимки (обжимные пуансоны)** — предназначены для обжатия камней круглой формы в глухих кастах. Обжимный пуансон (рис. 126) представляет собой стальной (закаленный) стержень с коническим углублением внутри, который вставляется в грибовидную ручку. Конусность углублений (угол схождения стенок) 45...60°., диаметры отверстий различны с переходом в 0,2 мм. Для удобства обжатия обжимка имеет и внешнюю конусность, угол которой задается в зависимости от диаметра стержня.

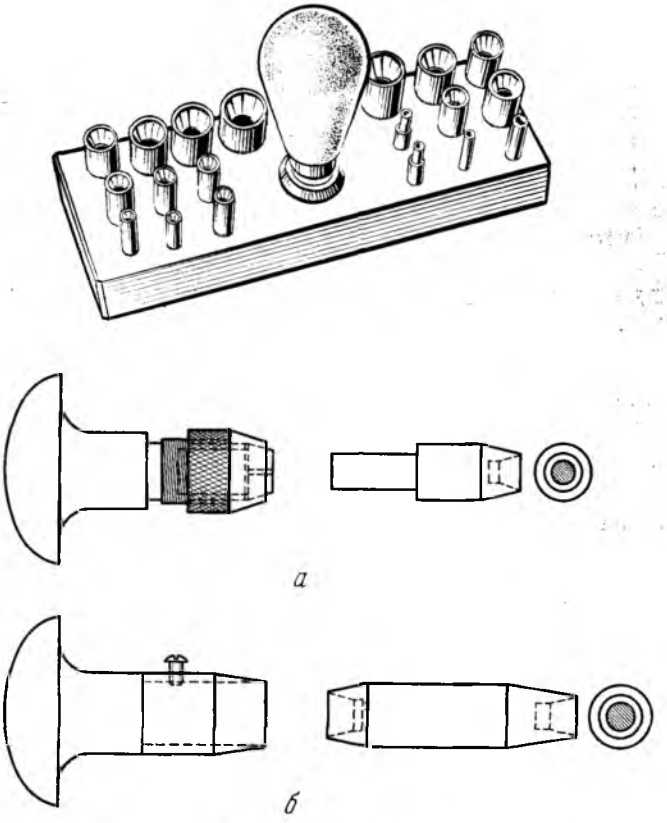



Рис. 126. Обжимки:
*а* — односторонняя с ручкой и цанговым зажимом, *б* — двусторонняя

Обжимные пуансоны могут быть односторонними и двусторонними. У односторонних с одной стороны расположен обжимный конус, с другой — хвостовик для закрепления обжимки в цангодержателе ручки. У двусторонних обжимные конусы расположены с обеих сторон, а в ручку стержень вставляется нерабочей (в данный момент) стороной, для чего в ручке сделана металлическая насадка с отверстием и крепежным болтом. Ручки обжимок не имеют среза, как ручки штихелей, и могут быть изготовлены как из дерева, так и из различных пластмасс. Рабочий конус обжимок должен иметь хорошо отшлифованную поверхность, без задиров, забоин и заусенцев.

**Корнайзены** — это стальные пуансоны (стержни) со сферическим углублением на рабочем (торцевом) конце. Существует два типа корнайзенов по назначению. Один — для придания поднятому из металла штиху (пеньку) шарообразной головки —

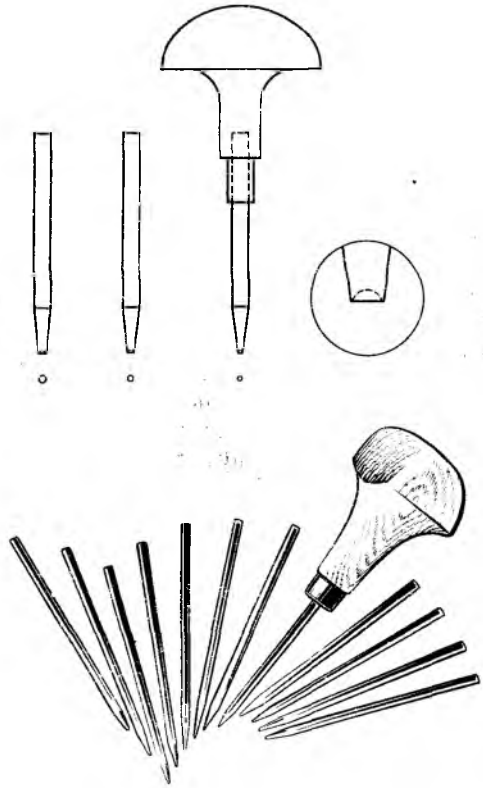


Рис. 127. Корновертки (в круге — увеличенное сферическое углубление на рабочем конце)

корнера. Эту операцию делают круговыми движениями и называют «наворачивать корнер», а такой корнайзен — корноверткой. Другой — для нанесения гризантной насечки на фаден (ребро). Такой пуансон называют гризантным или просто «корнайзеном».

Все корнайзены изготовляют из инструментальных сталей с последующей закалкой.

**Фирменные корновертки** (рис. 127) изготовлены из стержней диаметром 2,5 мм, длиной 70 мм. Комплект составляют 12 пуансонов с ячейками в диапазоне от 0,6 до 1,75 мм. Самодельные делают из черенков использованных надфилей.

Процесс изготовления их несложен, но требует навыка и большой аккуратности. Сначала в центре на хорошо запиленных торцах стержней набивают ямочки на $^1/_3$ глубины, пользуясь специальной матрицей (рис. 128), которая имеет комплект торчащих шипов с шарообразными или округлозаполированными головками. Затем рабочему концу стержня придают внешнюю

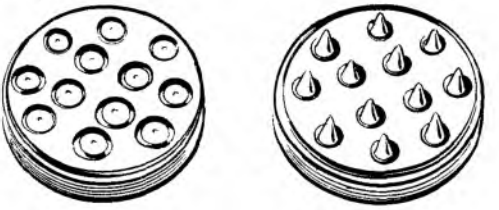


Рис. 128. Матрицы для изготовления корнайзенов

конусность, не задевая стенки углубления, и, чтобы избежать окисления, подвергают его закалке. Нагрев при закаливании осуществляют в среде плавленой буры. После закалки, если это необходимо, рабочие углубления полируют пастой ГОИ или алмазной пастой. Если корновертки имеют один внешний диаметр, то для всего комплекта достаточно иметь одну ручку с металлической насадкой, имеющей подогнанное под диаметр корновертки отверстие.

**Гризантные корнайзены** (рис. 129) — подобно корноверткам, имеют рабочую часть со сферическим углублением, подпиленную с боков до образования желобка. Диаметр ячеек корнайзенов от 0,2 до 0,6 мм при глубине $^1/_3$ диаметра. Корнайзены изготовляют из тех же материалов, что и корновертки, но заготовку для них используют плоскую или круглую с плоскооткованным (плоскоопиленным) рабочим концом. Обычно для изготовления их берут обломок (60...70 мм длиной) плоского полукруглого или разновыпуклого надфиля.

Процесс изготовления и закалки сходен с изготовлением корноверток, но обработка рабочего конца его более трудоемка. Сложность заключается в том, чтобы надпил с боков обеспечивал определенную глубину сферы и желобка, а подогнанная ширина позволяла удерживаться углублению на ребре изделия, не касаясь камня, корнеров и соседних ребер. Удерживать направленное положение корнайзена помогают плоский участок стержня, а также срез на грибовидной ручке.

Корнайзен позволяет достичь очень высокого качества гризанта, но слишком трудоемок — приходится фиксировать каждое «зерно» в отдельности.

Гризант очень часто применяют для обработки ювелирных изделий, наносят вокруг закрепленного в глухой каст камня, на остром срезе фадена, на жилках, сетке и др.

Для нанесения гризанта применяют и более производительный инструмент — **накатку** (рис. 130). Накатка на конце стержня, вставленного в такую же ручку, что и корнайзен, имеет узкий ролик с линейно-ямочной фактурой на ребре. В зависимости от ширины оставляемого зернистого следа накатки делятся по номерам.

**Насмолка изделия.** Операция закрепки начинается с насмаливания на киттшток. Китт размягчают различными способами на

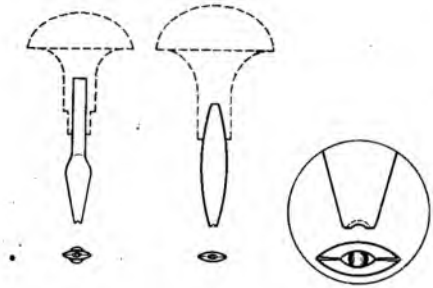


Рис. 129. Гризантные корнайзены

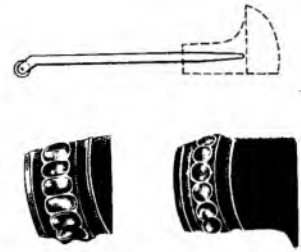


Рис. 130. Накатка

электронагревателях, спиртовках, газовых горелках или паяльной горелкой. Прогревают китты равномерно на всю глубину и со всех сторон, не давая загореться и стекать. На такое пастообразное состояние и насмаливают изделие в удобном для закрепки положении.

Пока китт не затвердел, его выравнивают пинцетом, так чтобы уровень его был ниже поверхности изделия: в местах, не подлежащих разделке, уровень китта оставляют вровень, а то и выше поверхности изделия. Внутри кастов и отверстий под камнем китт продавливают глубже, чтобы шип камня мог свободно опуститься на нужную глубину. Оставшийся на внутренних стенках китт удаляют. После насмаливания киттшток откладывают до полного затвердения китта.

**Закрепка в крапаны**. Принцип крапановой закрепки заключается в том, что с внутренней стороны крапанов, на одном и том же уровне, делают всечки, на которые ляжет рундист камня, а концы крапанов, возвышающиеся над рундистом, загибают на коронку камня. Уровень всечек на крапанах ювелиры определяют визуально (но не приблизительно). Исходными данными для определения уровня служат: высота участка крапана, который идет на загиб (в зависимости от размера камня от 0,5 до 1,0 мм), толщина рундиста и глубина шипа камня (шип камня не должен выходить за нижний уровень изделия). Для закрепки поступают шлифованные изделия, поэтому верх каста выравнивают надфилем, после чего, наметив уровень, всекают крапаны. В большинстве случаев крапаны всекаются флахштихелем и шпицштихелем. В кастах с малым числом крапанов всечки для камня могут быть сделаны специально заточенным надфилем.

Всечки делают так, чтобы гнездо, образованное крапанами, было вертикальным и имело карниз в качестве нижнего упора (рис. 131). Камень должен садиться в гнездо плотно и без перекосов. Убедившись в правильном положении камня в касте, давчиком наваливают свободные концы крапанов на павильон камня. Зажимая крапанами камень, придерживаются такой последовательности: следующим загибать крапан, противоположный только что загнутому. Поджав плотно все крапаны, каст про-

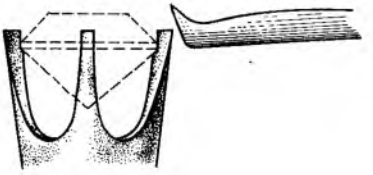


Рис. 131. Гнездо для крапановой закрепки камня

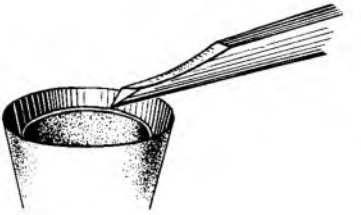


Рис. 132. Гнездо для глухой закрепки камня

веряют на просвет: если какой-либо из крапанов висит, его поджимают еще плотнее. Желательно, чтобы загнутая часть крапана ложилась не на ребро, а на грань камня (особенно у камней округлой формы), это лишит камень возможности поворачиваться.

В некоторых случаях при толстых крапанах и жестком металле допускается поджатие крапанов закрепочным молоточком. Однако совершенно недопустимо, работая молоточком, попадать им по камню. Существует ряд камней, для которых закрепка с помощью молоточка вообще исключается. Даже при самых хороших условиях закрепки эти камни требуют максимума внимания и аккуратности. К ним относятся: опал, изумруд, аметист и другие хрупкие камни. Кроме хрупкости при закрепке камней следует учитывать и другие не менее важные факторы, такие, как толщина рундиста, форма огранки, прочность камня. Даже самые «крепкие» камни с тонким рундистом или с острыми углами (при огранке «маркизом», «каплей», всеми прямоугольными формами) обладают свойством скалываться при недостаточно аккуратной закрепке.

Обработка крапанов после закрепки камня заключается в том, чтобы сделать их одинаковыми по длине и форме, а если нужно, заполировать или срезать поверхность крапана на фацет (прямая двусторонняя глянцевая подрезка до образования ребра). Если твердость камня выше 7 (по Моосу), крапаны можно обрабатывать мелким надфилем с заполированным ребром, направленным к камню. Во всех остальных случаях — шабером и штихелями.

**Глухая закрепка**. Процесс закрепки в глухие касты начинается также с определения уровня посадки камня. Определив по тем же признакам уровень глубины гнезда, его выбирают, подрезая стенки каста шпицштихелем (юстировочным) с правой боковой заточкой. Вначале штихелем на глубине посадки камня выбирают неглубокий поясок. Убедившись, что он находится со всех сторон на одном уровне, гнездо увеличивают в диаметре до размера камня (рис. 132). Таким образом, юстируя гнездо и периодически примеряя в него камень, следят за тем, чтобы стенки выбранного гнезда были вертикальными. Если гнездо будет выб-

рано с большим подвнутрением, камень будет болтаться в закрепленном касте. Стенки каста должны оставаться одинаковыми по толщине, чтобы при загибе их не образовались внешние неровности или складки. Камень сажают в плотно подогнанное гнездо легким давлением пальца, ручкой штихеля или медным давчиком, в зависимости от размера камня, и обжимают.

Обжатие круглых камней производят обжимкой соответствующего размера; если этого бывает недостаточно, поясок поджимают давчиком. Камни овальные, прямоугольные и других форм обжимают давчиком; при толстых стенках пояска обжатие начинают сапожковым давчиком с насечкой, а затем выравнивают гладким; тонкостенные касты обжимают сразу гладким давчиком. Процесс обжатия давчиком протекает в определенной последовательности: сначала камень поджимают с двух противоположных сторон, если перекоса не наблюдается, камень поджимают с двух других сторон. Если же обнаруживается перекос камня и причина его — неравномерное поджатие или сдвиг, то камень выравнивают легким постукиванием по выступающей его части ручкой штихеля, давлением пальца или давчиком и в таком положении фиксируют поджатие, а затем равномерно обжимают. При плотной посадке камня сразу начинают равномерное его обжатие. Особую осторожность во время обжатия нужно соблюдать при работе со «слабыми» камнями и с камнями прямоугольной и других форм, имеющих острые углы.

В результате обжатия камня верхняя часть стенки каста наваливается на павильон камня по всему периметру, и на поверхности этого участка каста очень часто остаются следы от инструмента обжатия. Поэтому поясок выравнивают мелким (сработанным) надфилем и, если надо, полировником. Со стороны камня каст по всему периметру срезается на фаден (односторонняя глянцевая подрезка, служащая как бы отражателем) до образования ребра, на которое наносится гризантная насечка. Величину зернения гризанта выбирают в зависимости от размера камня: чем меньше камень, тем мельче гризант. Накатка гризанта — заключительная операция этого вида закрепки.

**Корнеровая закрепка**. Корнеровая закрепка — наиболее сложный вид закрепки, связанный с разделкой штихелями всей закрепочной площади изделия. Процесс закрепки начинается с впасовки камней (ранее подобранных) в свои отверстия. Чаще всего для этого используют юстировочный штихель. Им выбирают для камня плотное вертикальное гнездо. Глубина гнезда делается такой, чтобы рундист камня находился ниже поверхности закрепочной площадки (рис. 133). Для камней идеально круглой формы гнездо можно выбирать сверлом с углом заточки меньше угла шипа камня, коническим бором, угол конуса которого выбирается по углу шипа камня. Гнездо рассверливают либо ручной ювелирной дрелью, либо сверлом (бором), зажатым в цангодержателе или металлических ювелирных тисочках.

Последовательность впасовки, как и разделки, такова: начи-

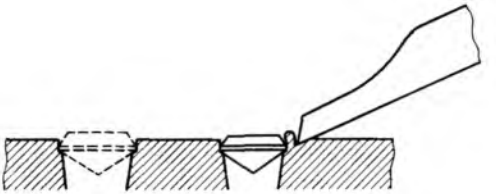


Рис. 133. Схема посадки камня в гнездо и закрепки корнерами

нают с камней больших по размеру и кончают маленькими. Убедившись, что камень плотно садится в гнездо, намечают места размещения корнеров. Наметив слегка боллштихелем место, откуда будет браться срез для корнера, начинают разделку, предварительно вынув камень. Подрезку металла начинают с гнезда, оставляя участки, где корнеры будут нетронутыми. После подрезки фацетов в сторону гнезда камень сажают на место и приступают к следующей операции — постановке корнера. Поставить корнер — это значит поднять штихелем из металла пенечек — штрих, которому впоследствии с помощью корновертки придают вид шарика. Этот шарик (корнер) выполняет роль крапана, удерживающего камень. От величины камня, числа конеров и формы разделываемой площадки зависит величина корнера, а следовательно, и номер боллштихеля, которым будет подниматься корнер. Суть этой операции заключается в том, что штихелем приподнимают над поверхностью штрих, продвигают (натягивают) его в сторону камня так, чтобы стенка гнезда в этом месте слегка наваливалась на павильон камня.

Поставив все корнеры и обеспечив тем самым надежность удержания камня, приступают к фаденовой обработке по заранее намеченному рисунку. Окончательная обработка — выравнивание фацетов, подчистка корнеров — производится штихелем не в сторону камня, а от камня. Когда рисунок всей верхушки выведен корноверткой, корнерам придают глянцевую шарообразную форму, а на ребра срезанного фадена наносят гризантную насечку. Величина зернистости диктуется размерами камней, рисунка и всего изделия.

## 7.9. ДЕФЕКТЫ ИЗДЕЛИЙ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Качество готовых изделий на предприятиях ювелирной промышленности проверяют отделы технического контроля (ОТК). Изделия, которые нельзя исправить, отправляют в переплавку, а изделия, которые можно исправить, возвращают мастеру-исполнителю. Ювелир определяет причину дефекта и находит оптимальный вариант его устранения.

Виды брака после монтировки ювелирных изделий: несоответствие заданному размеру, поры и непропаи в местах паяных

соединений, нарушение симметричности изделия при сборке, несоответствие цвета припоя данному изделию, непарность спаренных изделий (серег), недостаточная плотность неразъемных подвижных соединений, люфт (болтанка) при работе застежных устройств, недостаточная чистота обработки изделия.

Дефекты, обнаруживаемые после закрепки камней: криво закреплен камень, неодинаково обработаны крапаны, недостаточно четко нанесена гризантная насечка, нечисто сделана подрезка вокруг камня, неровно обжат камень, шатание камня в касте, недостаточно чисто выполнена фаден-гризантная разделка, сколы камней по рундисту, на углах, на ребрах.

Несоответствие изделия заданному размеру распространяется в основном на кольца, причиной этого может быть неправильный расчет заготовки на шинку, нарушение длины заготовки при припасовке шинки. Для исправления дефекта меняют размер кольца в большую или меньшую сторону. Уменьшая размер колец переменного сечения или с кастом, верхушкой, напаянными элементами, из середины шинки вырезают участок, составляющий разницу. Вырезанный участок должен включать фугу, чтобы не образовывать еще одного места пайки. Уменьшая размер обручальных колец, предварительно отожженное кольцо подвергают двустороннему обжатию в проколотке или анке. Увеличить кольцо до одного размера можно путем вытяжки шинки (расколачивания на ригеле). Кольца одного сечения увеличивают на специальном рычажном приспособлении — разжимном ригеле. Для увеличения колец на 1,5 мм и больше впаивают вставку нужного размера из металла тех же пробы и цвета.

Главная причина появления пор в местах паяных соединений — неплотная припасовка деталей или, что бывает реже, несоответствие припоя данному сплаву. Для устранения пористости места соединения деталей прорезают и после плотной припасовки пропаивают заново, проверив пригодность (соответствие) припоя. При невозможности соединить расчлененные участки фуговкой в зазор впасовывают вставки.

Непропаи получаются, когда в результате загрязнения или окисления подготовленного для пайки участка припой заполняет его не полностью. Причин для непропаев много: загрязнен или неправильно приготовлен флюс, недостаточно флюсованы место пайки и припой, перегрелись во время пайки изделия или неплотно припасованы детали. Устранить дефект можно путем вторичной пайки после соответствующей подготовки изделия. Изделие должно быть прогрето с флюсом и тщательно отбелено (флюс для этого лучше сделать заново). Хорошо офлюсованное изделие заново пропаивают с соблюдением температурного режима.

Нарушением симметричности изделия следует считать смещение в процессе сборки смежных деталей, а также искривление деталей. Примерами могут служить: кольца со смещенным относительно шинки кастом, смещенной относительно центральной оси кольца шинкой; кольцо, внутри которого шинка не образует

правильной окружности совместно с кастом (кольцо сделано не по ригелю); кольца, накладки у которых находятся на разном уровне или горизонтально смещены; кольца с искривленной в сторону шинкой; серьги, имеющие смещение навесного или замкового крючка относительно каста, а также швензы, смещенные относительно других смежных деталей; броши с нарушенной параллельностью основания и застежной иглы; кулоны, у которых подвесное ушко не имеет общей оси с подвеской, и другие виды смещения деталей относительно друг друга.

Смещение каста может быть вызвано неровно сделанными на касте всечками, неровно запиленными концами шинки, смещением шинки во время нагрева при пайке. В большинстве случаев дефект исправляют перепайкой одного из концов шинки. Для этого конец шинки отрезают от каста и после выравнивания каста по осям симметрии припаивают заново.

Шинка может сместиться относительно оси (центральной) кольца, если: концы шинки припаяны к касту на разном уровне; при опиливании кольца изнутри каст оказался опиленным неровно; нагартованную шинку во время нагрева при пайке увело в сторону. Для исправления небольшого смещения каст изнутри кольца опиливают, выравнивают по ригелю, и кольцо в отожженном состоянии правят. При большом смещении один из концов шинки отрезают от каста и припаивают заново на соответствующем уровне. В кольцах с верхушками демонтируют (отсоединяют) всю шинку и, заправив прежнее место пайки и припасовав шинку, снова припаивают.

Смещение каста у колец, сделанных не по ригелю, происходит по двум причинам: каст изнутри кольца выбран (опилен) не тем радиусом, что окружность шинки, и кольцо плохо правлено на ригеле. Определяется этот дефект по ригелю: каст, выбранный с меньшим радиусом, будет образовывать зазор между ригелем и кастом, в середине каста. Каст, выбранный с большим радиусом, будет плотно прилегать к ригелю серединой, но края его и концы шинки могут не доставать до ригеля. Эти дефекты устраняются опиливанием кольца изнутри и последующей правкой на ригеле. Накладки колец находятся на разных уровнях в результате неправильной их припасовки или неаккуратной пайки. Чтобы кольцо приобрело нормальный вид, одну из накладок перепаивают по уровню другой.

Искривленность шинки может произойти из-за неправильного нагрева во время пайки и односторонней правки кольца на ригеле. В первом случае полностью разбирают шинку с кастом, а затем собирают вновь. Во втором случае достаточно выправить кольцо на ригеле с той стороны, в которую наклонена шинка.

Смещение крючков серег и швенз относительно кастов может быть результатом неправильного нахождения места пайки крючка или швензы или неправильной установки изделия во время пайки. Легкое смещение крючка можно устранить, механически изменив его направление. При сильных смещениях сместившую-

ся деталь (в нагретом состоянии) снимают и припаивают вновь.

Непарность серег может быть вызвана ошибочным спариванием двух серег при изготовлении нескольких пар, а также ошибками при переносе размеров в процессе изготовления деталей серег. Непарность забракованной пары исправляется по одной серьге, размеры и форму которой приводят в полное соответствие с другой. Непарность серег может выражаться и в другом, например в разнице в высоте или длине замковых крючков, в углах загиба замковых крючков или швенз и т. д. В зависимости от характера дефекта находят и способы его устранения. Так, форму и углы загиба крючков, длину швенза и крючков подгоняют механически — соответственно подгибая, подпиливая или обрезая. В некоторых случаях серьгу подвергают частичной разборке и после исправления несоответствующей детали вновь собирают.

Недостаточная плотность неразъемных подвижных соединений объясняется неправильной припасовкой деталей подвижного соединения. В большинстве случаев для устранения зазоров соединения весь узел изготовляют заново.

Причины люфта при работе застежных устройств различны. В серьгах люфт может быть объяснен недостаточной упругостью замкового крючка, несоответствием сечения штифта диаметру отверстия штифтового соединения швензы, смещением швензы в процессе сборки, неправильным выбором опорного угла стойки. В брошах — неплотностью шарнирного соединения иглы, недостаточной подгонкой упора иглы или деталей замка между собой. Дефект устраняют, установив его причину. При недостаточной упругости замкового крючка — уменьшают угол его загиба; при несоответствии сечения штифта диаметру отверстия штифтового соединения — заменяют штифт; при смещении швензы во время сборки — ее перепаивают; при неправильном выборе опорного угла стойки — ее заменяют; при неплотности шарнирного соединения застежной иглы броши — переделывают шарнир; при недостаточной подгонке упора — его удлиняют; при неплотной подгонке деталей замка — замок поджимают или заменяют одну из деталей.

Нарушение параллельности иглы с основанием броши случается при недостаточной подгонке упора шарнирного соединения иглы и различного уровня шарнирного соединения иглы и замка броши относительно основания броши. Для устранения брака в первом случае убеждаются в правильности подгонки упора и, если надо, подпиливают его, во втором — один из узлов полностью разбирают и уровень высоты подгоняют по другому, проверяя его иглой.

Причина несоответствия осей подвесного ушка и подвески кулона — в неправильно выбранном месте для соединительного ушка. Чтобы исправить дефект, находят место для соединительного ушка по центру тяжести подвески и ставят туда заново сделанное ушко.

Несоответствие цвета припоя цвету изделия распространяется в основном на золотые изделия. Дефектом считается, когда цвет паяного шва выделяется на фоне изделия. Причинами этого дефекта могут быть: неправильный выбор припоя по цвету, большой зазор (неплотная припасовка) при пайке или растекание припоя по поверхности изделия. В любом случае соединение, подготовленное для пайки, должно быть плотным, тогда небольшая разница в оттенках металла после пайки будет незаметна. Для исправления дефекта в первых двух случаях паяный участок вырезают и после плотной припасовки припаивают снова припоем соответствующих цвета и температуры плавления. В случае растекания припоя по поверхности образуется «зелень», которую удаляют опиливанием этого участка.

Недостаточная чистота обработки изделий проявляется в плохой заправке припоя в местах спайки, волнистости и ступенчатости, в следах царапин, оставленных шабером. Причиной недоделок во всех случаях является невнимательность мастера при обработке изделия и плохая заправка шабера. Доработкой изделия считается дополнительная заправка его хорошо подготовленным инструментом.

Дефекты, допущенные в процессе закрепки камней, порой влекут за собой более серьезные исправления, чем допущенные в монтировке. Кроме того, выкрепление камня всегда связано с риском подколоть его.

Причиной криво закрепленного камня может быть неровно выбранное (вырезанное) гнездо или неравномерное обжатие камня. Исправляя кривизну посаженного в крапановый каст камня, достаточно отогнуть крапаны, мешающие встать камню прямо, и, развернув камень, равномерно обжать его крапанами. Камни, закрепленные в глухие касты, должны быть выкреплены полностью, для чего закрепочный поясок слегка подрезают в месте обжатия и специальным давчиком отгибают его стенки. Вся операция должна проделываться с предельной аккуратностью, чтобы не повредить каст. После соответствующих поправок камень снова обжимают стенками каста и обрабатывают.

Результатом неодинаково обработанных крапанов в изделиях с закрепленным камнем является разная длина или впечатление различной ширины крапанов. Причина этого в невнимательности мастера во время обработки изделия. Для устранения разности в длине крапанов более длинные подпиливают надфилем или обрезают штихелем. Боковая подрезка крапана создает впечатление уменьшения его ширины. Общее впечатление ширины крапанов зависит и от угла подрезки всех крапанов.

Недостаточно четкой гризантная насечка может быть по многим причинам, в частности из-за неправильно подрезанного ребра для нанесения гризанта, неправильно выбранного номера корнезера или накатки для подрезанного ребра и величины камня, использования сработанного инструмента (корнезера, накатки) и др. Чтобы исправить нечеткость гризантной насечки, старый

гризант срезают, оставляя необходимое ребро. К подрезанному ребру подбирают соответствующий величине камня номер корнезера (или накатки) и им наносят гризант заново.

Нечисто сделанная подрезка вокруг камня — результат плохой заправки или неправильно выбранного для данной операции штихеля. При выполнении повторной чистовой подрезки особое внимание уделяют заправке штихеля. Профиль его выбирают в соответствии с величиной камня, угла и площади подрезки.

Неровное обжатие камня стенками каста может оказаться при непропорционально толстых стенках каста и неровно вырезанном гнезде для камня. Выравнивают обжатие по-разному: при толстых стенках каста закрепочный поясок опиливают надфилем, при нормальных по толщине стенках каста закрепочный поясок выравнивают давчиком, а в допустимых случаях — закрепочным молоточком, и только если ни один из вариантов не дает нужных результатов, камень перекрепляют.

Шатание камня в касте объясняется неплотным обжатием камня стенками каста или крапанами, несоответствием вырезанного гнезда размерам камня, несоответствием каста размерам камня (каст больше). В каждом из случаев устранение дефектов протекает по-своему. При неплотном обжатии камень обжимают повторно, в двух других случаях камень выкрепляют из каста. Если гнездо больше камня и высота камня позволяет посадить камень глубже, то выбирают новое гнездо, немного ниже прежнего. Если высота каста не позволяет посадить камень глубже или если каст не соответствует размерам камня, каст уменьшают до нужного размера, а затем снова закрепляют камень.

Недостаточно чисто выполненная фаден-гризантная разделка выражается в нечисто (матово) срезанном фадане, плохо обработанных корнерах, нечетком гризанте. Причиной этих дефектов является плохая подготовка инструмента (заправка штихелей) или неверно выбранный для операции инструмент. При исправлении этих дефектов следует все отобранные штихели хорошо заправить и использовать строго по назначению. Корновертки выбирают соответствующих корнеру номеров, предварительно убеждаясь в их пригодности. Аналогично выбирают и корнезеры. Исправление проходит в той же последовательности, что и первоначальный процесс разделки.

Сколы камней имеются в виду только те, который допущены в процессе закрепки камней. Наряду с другими, причиной сколов и царапин на камне может оказаться незнание характеристики данного камня. Сколы по рундисту камня в большинстве случаев бывают у камней с тонким рундистом. Причинами этого дефекта могут быть: излишне толстая стенка каста, неровно вырезанное гнездо, неравномерное обжатие. Более часты сколы углов у камней прямоугольной и других форм, имеющих острые углы. Причиной скола могут послужить плохо впасованный камень, несоблюдение обжатия угловатых камней, неравномерное

обжатие камня. Сколы на ребрах камня образуются, как правило, оттого, что в процессе обжатия камня давчиком или в процессе обработки крапанов или закрепочного пояска закрепленного каста надфилем задеваются ребра камня. Исправление подобных дефектов во всех случаях связано с выкреплением камней и заменой их новыми.

? 1. Какие виды кастов существуют и чем они отличаются друг от друга? 2. Как рассчитывается длина заготовки для круглого каста? 3. Чем диктуется высота каста? 4. Что называется верхушкой изделия? 5. Какие основные операции изготовления гладкой верхушки? 6. Как рассчитывается размер шинки для кольца с кастом? 7. Какую роль выполняют ранты? 8. Какие существуют замковые устройства для серег? 9. Какие основные замковые устройства брошей? 10. Какова роль резиновой пресс-формы при литье? 11. Какова роль восковой модели при литье? 12. Какова роль литейной формы при литье? 13. Почему для филиграни используют высокопробные драгоценные сплавы? 14. Как готовят припой для филиграни? 15. Какие основные виды закрепки камней? 16. Какие основные штихели для закрепки? 17. Какую роль выполняет китт? 18. Какая последовательность корнеровой закрепки? 19. Каковы основные виды дефектов колец? 20. Каковы основные виды дефектов серег? 21. Каковы дефекты закрепки камней?

# ГЛАВА 8
# ОТДЕЛКА И ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Отделка ювелирных изделий — это окончательная обработка поверхности, доведение их до состояния товарного вида. Отделочные операции можно классифицировать по трем видам: механическая отделка — полирование, фактуровка, чеканка, гравирование; декоративно-защитные покрытия — эмалирование, чернение; химическая обработка — оксидирование и гальванопокрытия.

## 8.1. ПОЛИРОВАНИЕ

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

**Электрохимическое полирование** — это анодное травление изделий в среде электролитов под действием электрического тока, т. е. процесс, обратный золочению и серебрению.

**Механическое полирование.** Механическое абразивное полирование проводят на полировальных станках с помощью эластичных кругов и щеток с абразивными пастами, а безабразивное — вручную, специальными полировками. Для абразивного полирования ювелирных изделий применяют одношпиндельные и двухшпиндельные станки, оснащенные насадками для крепления полировального инструмента и вытяжными устройствами со сборниками отходов для последующего извлечения драгоценных металлов (рис. 134).

Мощность электродвигателей станков может быть в пределах 0,5...1,1 кВт.

Скорость вращения вала 3000 об/мин.

Инструментом для механического полирования служат эластичные круги и щетки (рис. 135). Материалы кругов должны хорошо удерживать на поверхности абразивные пасты и быть прочными в эксплуатации. Назначение полировального инструмента зависит от материала, из которого он сделан, и его формы.

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

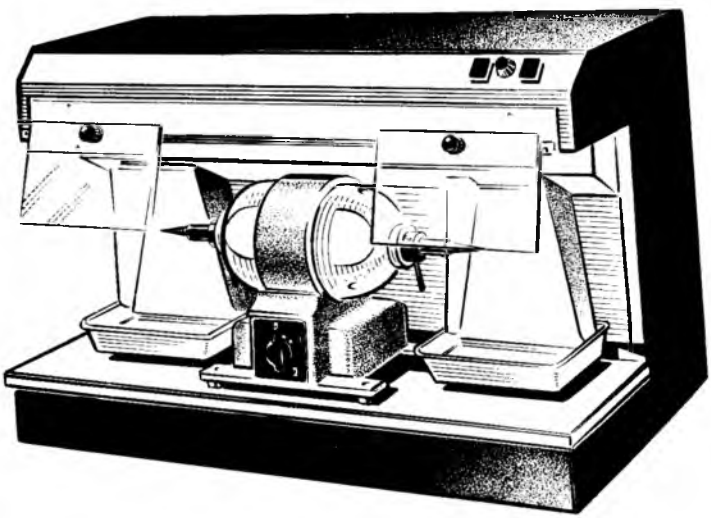


Рис. 134. Двухшпиндельный полировальный станок

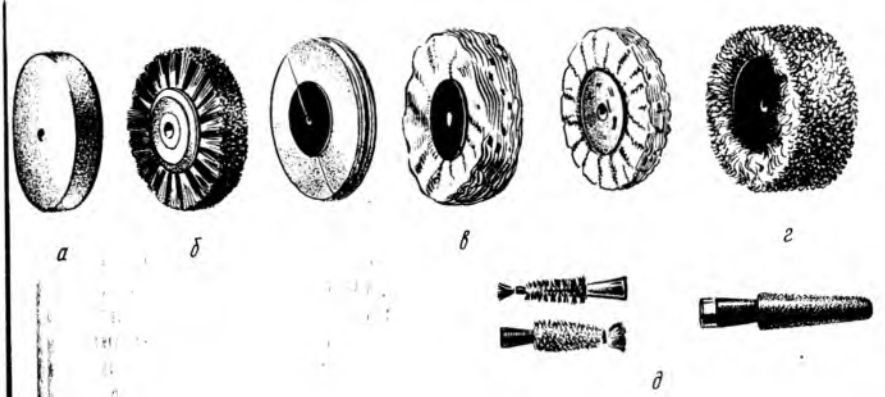



Рис. 135. Полировальные круги:
*а* — фетровый, *б* — волосяной (щетка), *в* — матерчатые, *г* — нитяный, *д* — для внутреннего полирования колец

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

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

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

Все перечисленные выше круги используются как станочный инструмент.

Оптимальные размеры полировальных кругов 70...100 мм в

диаметре, для более мощных напольных установок допускается и больше — до 200 мм.

На поверхность каждого вращающегося круга наносят полировочные (абразивные) пасты. Зернистость пасты выбирается в зависимости от стадии полирования изделий (начальной или конечной). Полировочные пасты содержат тонкие абразивные порошки, жировые связки и специальные добавки. Абразивным материалом служат оксид хрома, крокус (оксид железа), микропорошки корунда. В качестве связок в пастах используют: стеарин, парафин, животные технические жиры. Специальными добавками являются: двууглекислая сода и олеиновая кислота, которые вводятся для активизации процесса полирования, скипидар и керосин — для изменения вязкости. Пасты на основе оксида хрома имеют зеленый цвет, а на основе оксида железа — красный.

Для предварительного полирования используют пасты с абразивом зернистостью от 28 до 10 мкм (табл. 24). Окончательное полирование (глянцовка) производится пастами с абразивом зернистостью от 7 до 5 мкм (табл. 25).

Таблица 24. **Полировочные пасты предварительного полирования**

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

Таблица 25. **Полировочные пасты окончательного полирования**

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

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

Инструментом для ручного полирования служат специальные стальные и гематитовые полировники. В тех случаях, когда нельзя применить станочное полирование: выделить глянцем участок матового фона; отглянцевать гравированную поверхность; тонкую позолоту; отглянцевать поверхность рядом с камнем, который впитывает жировую пасту, и т. д. — применяют полировники. Стальные полировники представляют собой стержни с идеально отполированным рабочим концом (рис. 136, *а*). Гематитовые — деревянные или пластиковые ручки (типа кистей)

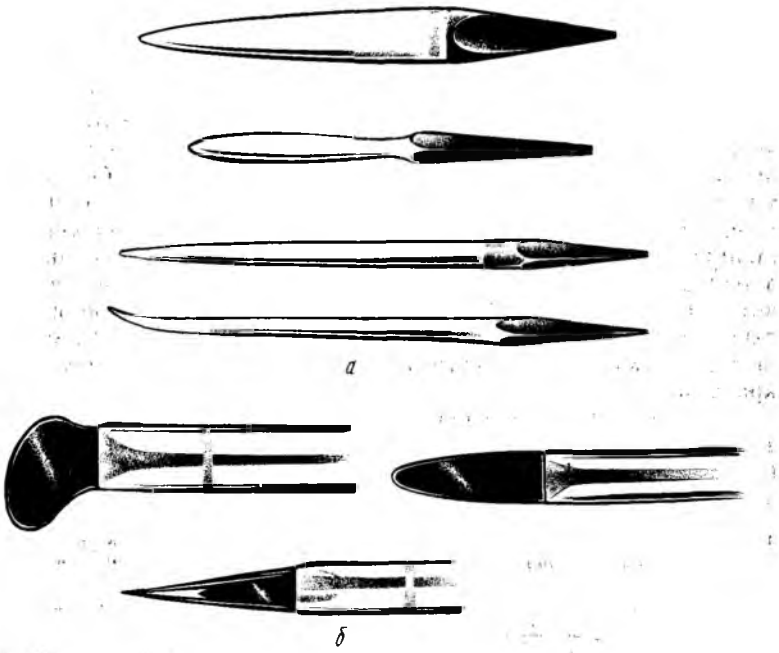



Рис. 136. Полировники:
*а* — стальные, *б* — гематитовые

с вставленным гладкоотшлифованным гематитом в качестве рабочей части (рис. 136, *б*). Форма рабочей части полировников различна, с таким расчетом, чтобы можно было достать любой участок для глянцовки. Сущность полирования заключается в выглаживании поверхности изделия гладким участком полировника. Выглаживание поверхности происходит без применения абразивных паст.

Большие участки полируют, смачивая полировник в мыльном растворе. Ручное полирование — окончательное и не требует другой обработки.

Механическое и ручное полирование — поштучные виды обработки изделий, необходимые, но весьма трудоемкие.

Для массового полирования изделий без вставок применяют галтовку и виброобработку.

**Галтовка.** Способ массового полирования изделий на вращающемся барабане в среде полирующих и моющих средств.

Полирующим средством, загружающимся в барабан вместе с изделиями, являются стальные шарики диаметром в диапазонах 1,5...2,5; 2,5...3,5; 3,5...5,0 мм в равных весовых соотношениях. Масса шариков составляет 2 весовые части от изделий. В качестве моющих растворов применяют различные составы.

**Состав раствора для золотых изделий несложных форм**

Мыло ланолиновое — 15 ч.
Моноэтаноламин — 20 ч.
Технический сахарин — 2 ч.
Аммиак — 40 мл
Вода — 1 л

**Состав раствора для золотых изделий сложных форм**

Мыло хозяйственное 72 %-ное — 15 г
Аммиак — 15 мл
Моющее средство типа «Лотос» — 10 г
Известь хлорная — 8 г
Натрий двууглекислый — 7 г
Хлорат натрия — 2 г
Вода — 1 л

**Состав раствора для серебряных изделий без гальванического покрытия**

Мыло хозяйственное 72 %-ное — 20 г
Аммиак — 14 мл
Моющее средство типа «Новость» — 5 г
Вода — 1 л

**Для серебра с гальваническим покрытием**

Мыло хозяйственное 72 %-ное — 20 г
Аммиак — 15 мл
Моющее средство типа «Каштан» — 10 мл
Вода — 1 л

Барабан может быть цилиндрическим, гладким и граненым (6...8 граней). Кожух у него металлический, выложенный изнутри резиной. Резина предохраняет изделия от забоин и герметизирует барабан.

Сущность процесса заключается в том, что при вращении барабана изделия и металлические шарики (наполнитель) находятся в постоянном движении, и в результате взаимного трения сглаживаются поверхности более мягкого металла (изделий). Моющий состав, находящийся также в движении, смывает грязь и ускоряет процесс полирования. Оптимальный режим вращения барабана для золотых и серебряных изделий 70 об/мин. Барабан загружают наполовину. Продолжительность галтовки 2...3,5 ч, в зависимости от состояния поверхности. По окончании процесса

изделия отделяют от шариков и подвергают ультразвуковой очистке.

**Виброобработка** — схожий с галтовкой процесс полирования в среде наполнителя, но не во вращающемся барабане, а в вибрирующем контейнере. Сущность процесса та же — поверхность изделий сглаживается в результате взаимного трения. Время полирования изделий при виброобработке 1,5...2 ч. Процесс полирования происходит в закрытом контейнере виброустановки, куда вместе с изделиями помещаются наполнитель и моющий раствор. В качестве наполнителя, который занимает $^2/_3$ объема контейнера, используют стальные и стеклянные шарики в соотношении 2:1. Размеры стальных шариков 2...6 мм, стеклянных — 4 мм. Моющим средством является раствор того же состава, что при галтовке, плюс древесная мука — 10 г/л.

Загрузка в контейнер производится в следующем порядке. Сначала загружают стальные и стеклянные шарики, затем, после включения виброустановки, химические компоненты и воду. Изделия загружают только после тщательного перемешивания наполнителя с моющим составом. Такая последовательность объясняется тем, что плотность драгоценных металлов (изделий) выше плотности наполнителя и в результате вибрации наполнитель будет постепенно вытесняться наверх, а изделия погружаться на дно контейнера. По окончании процесса виброобработки изделия отделяют от наполнителя и очищают в ультразвуковой установке.

**Электрохимическое полирование**. Процесс анодного травления, в результате которого имеющиеся на поверхности микронеровности растворяются и поверхность сглаживается. По сравнению с другими видами электрохимическое полирование имеет ряд преимуществ: возможность обработки недоступных для других способов мест; равномерное сглаживание металла по всей поверхности, сохраняющее конфигурацию изделий; сокращение потерь драгоценных металлов. Электрохимическое полирование происходит в ваннах с электролитом при соблюдении определенного режима.

**Состав электролита для полирования золота (в г/л)**

| | |
|---|---|
| Цианистый калий | 10 |
| Железистосинеродистый калий $K_4Fe(CN)_6$ | 20 |
| Едкое кали KOH | 0,3 |
| Фосфорнокислый двузамещенный натрий $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ | 60 |

Изделие служит анодом при катоде из нержавеющей стали, расстояние между электродами 10 см. Напряжение на ванне 2,8...3 В. Продолжительность полирования 5...10 мин при температуре электролита 50...60 °С.

| Состав электролита для полирования серебра | |
|---|---|
| I. Цианистое серебро $AgCN$ | 35 |
| Цианистый калий $KCN$ | 20 |

Анодная плотность тока 3...5 А/дм$^2$, температура электролита 18...25 °С, длительность полирования 2...5 мин.

| | |
|---|---|
| II. Цианистый калий $KCN$ | 25 |
| Гипосульфат натрия $Na_2S_2O_3 \cdot 2H_2O$ | 1...3 |

Полирование происходит при анодной плотности тока 2...10 А/дм$^2$, рабочая температура электролита 20...25 °С, продолжительность процесса 5...15 мин.

## § 8.2. ФАКТУРОВКА

Фактурованной поверхностью ювелирных изделий стали называть поверхность, отличную от полированной, приятную на вид, несущую декоративную нагрузку. Фактура поверхности может быть различной — мелкоямочной, мелкоштриховой, матовой и т. д. Чаще всего используется эффект комбинированной обработки фактуры с глянцем. Участки фактурной поверхности можно получить: используя литьевую корку изделий, полученных литьем (заформовав соответственно подготовленное изделие); используя штампованную поверхность (предварительно обработав пескоструйкой рабочую поверхность штампа); травлением в различных кислотных составах, получая разные оттенки и фактуру окисленной поверхности; матированием механическим (штихелем, молотой пемзой, крацеванием) и т. д.

Фактурованная поверхность служит фоном ручной и алмазной гравировки, выделения рельефного изображения, участков с глянцевым контуром, а также для внутренних труднодоступных поверхностей тыльной стороны ювелирных изделий.

**Крацевание** — это очень старый и распространенный способ получения фактурной поверхности. На серебряных изделиях крацевание часто окончательный вид обработки. Крацуют поверхность на полировальных станках проволочными щетками (кругами типа волосяных). Проволока на щетках стальная или бронзовая, ровная или волнистая, различная по сечению и длине. Как правило, сечение проволоки ограничивается диапазоном 0,08...0,15 мм, а диаметр круга 70...150 мм. Операцию крацевания проводят и на промежуточных этапах изготовления и обработки изделий — для снятия окисления в труднодоступных местах перед галтовкой, покрытиями и т. д.

## 8.3. ЧЕКАНКА

Чеканкой называют вид художественной обработки металлов специальными пуансонами — чеканами, в результате чего заготовка принимает рельефное изображение.

Сущность процесса чеканки заключается в том, что в результате оказанного на чекан давления (ударом молотка) на металле остается след по форме рабочей части чекана. Многократными ударами различных чеканов выбивают заданный рисунок. Различают ручную и машинную чеканку. Чеканка считается ручной, если процесс выколотки изображения производится вручную. Машинная чеканка — это штамповочная операция, производящаяся на прессах с помощью штампов. Современное оборудование позволяет получать изображение высокого качества, поэтому штамповка в значительной мере сократила применение ручной чеканки в изготовлении ювелирных изделий. И чеканку следует рассматривать не как вид художественного оформления, а как самостоятельный вид изготовления изделий, занимающий большое место в художественной промышленности.

В качестве материала для чеканки используют листовой металл, обладающий хорошей пластичностью. Это золото, серебро, медь и ее сплавы (томпак, мельхиор), алюминий. Чаще других используют медь и томпак, которые обладают прекрасными декоративными качествами, способностью принимать химическую и электрохимическую окраску, приобретая высокие антикоррозионные свойства. Пластичность этих материалов допускает глубокую вытяжку рельефа. Толщину заготовки определяют размеры чеканного изделия. Для изделий малых размеров используют листы толщиной 0,3...0,8 мм.

Основной инструмент для чеканки — чеканы и молотки.

**Чекан** — это стальной стержень, как правило, граненый, длиной 90...120 мм для малых форм. Сечение чекана должно быть переменным. В средней его части оставляется утолщение для устойчивости и гашения вибраций во время удара. Рабочий конец чекана закаливают. Другой его конец, служащий для нанесения ударов, тоже слегка подкаливают, не давая, однако, ему раскрепываться, чем сохраняют длину чекана. Совсем не закаленной остается только средняя часть — это гасит вибрацию. Чеканы изготовляют из стальных стрежней марок У7 и У8, затем обрабатывают (на наждачном точиле или вручную), чтобы продольная ось чекана проходила строго через центр: это обеспечивает устойчивость чекана во время удара. Обрабатывая чекан, сохраняют его грани, чаще всего четыре.

Чеканы различаются формой рабочей части (боя), которая зависит от назначения инструмента. Существует много разновидностей чеканов, но помимо этого каждый чеканщик пользуется еще наборами чеканов одной разновидности, отличающихся друг от друга размерами и рисунком боя, кривизной выпуклости, состоянием поверхности и т. д. Основные виды чеканов имеют

свои названия. Ниже приводятся их краткие характеристики.

Канфарники — форма боя в виде притупленной иглы, оставляют точечный след. Применяются для перевода рисунка на металл путем прочеканивания изображения по контуру, а также для отделки фона точками (канфарения). Чем меньше размер изделия, тем острее выбирается бой чекана.

Расходники — форма боя линейная, напоминающая лезвие отвертки. Необходимы для прочеканивания сплошной линии. При кривых линиях используют чеканы с изогнутым боем. Расходниками оконтуривают изображение на металле по точкам канфарника. Длину и кривизну боя выбирают в зависимости от размера рисунка.

Лощатники — имеют плоский бой различных форм. Применяются для выравнивания плоскостей, подъема или опускания плоских участков изображения. Различие форм боя обусловлено характером рисунка, в частности линией контура плоского участка. Обработка поверхности боя этих чеканов также различна. Для получения блестящего следа применяют полированные лощатники, для матового — лощатники с различной степенью шероховатости боя.

Пурошники — форма боя круглая с выпуклостью, размеры и выпуклость которого различна. Пурошниками обеспечивают глубокую вытяжку рельефа и получение ямочной фактуры.

Бобошники — форма боя выпуклая овальная. Служат, как и пурошники, для вытяжки рельефа.

Трубочки — форма боя круглая вогнутая, углубления сферические разных размеров. В отличие от пурошников с ямочным следом трубочки оставляют выпуклый след, углубляя контур выпуклости.

Фактурные — чеканы, на плоскость боя которых нанесена насечка. Насечка может быть полосатой, клетчатой, штриховой и т. д. Применяются для отделки отчеканенного изображения или фона.

Специальные — чеканы, имеющие на поверхности боя рисунок или фрагмент рисунка для многократного повторения на изделии. Это может быть листочек, цветок, элемент орнамента, веревочки, шнура и т. д.

Молотки, применяемые для чеканки, имеют круглый или квадратный боек, поверхность бойка — плоская. Носок молотка (противоположная часть бойка) делают шарообразным, различных диаметров. Сферическая часть молотка служит для подъема рельефа без применения чекана.

Форма ручки молотка также необычна — книзу она изогнута в сторону бойка и утолщена, это позволяет производить удары определенной силы в течение длительного времени.

В качестве приспособлений для чеканки, играющих роль подкладных матриц, используют мягкие металлы или специально сваренные смолы.

Из металлических материалов матрицей могут служить свин-

нец или сплав свинца с оловом в соотношении 1:1. Металлические матрицы, позволяющие получить более четкое изображение, применяют при мелких работах или при обработке отдельного участка изображения. Размеры и формы матрицы могут быть различными, но толщина ее должна быть не менее 10 мм.

Из неметаллических материалов матрицей может быть смоляная смесь, эластичная и клейкая. Она удобна тем, что листовая заготовка прочно фиксируется на ее поверхности. В состав смоляной смеси входят: искусственные или естественные смолы, мелко просеянная сухая земля (может быть заменена золой или использованной формовочной смесью), воск и канифоль. Земля выполняет роль наполнителя, ее содержанием регулируют твердость смеси. Вязкости смеси достигают наличием воска, а клейкости и прочности — введением в состав смеси канифоли. Смесь приготовляют на огне при постоянном тщательном размешивании. Затем ее разливают в неглубокие деревянные ящики, размеры которых немного превышают размеры чеканной заготовки. При чеканке мелких форм применяют чугунный шар (шрабкугель), имеющий срез с небольшими бортиками, куда заливается смола. Используют и винтовой шрабкугель (см. 8.4. Гравирование), в разъем его зажимают металлический брусок с нанесенным смоляным слоем.

Рабочим шаблоном чеканщику служит калька, снятая с рисунка (фотографии, открытки и т. д.). Размеры листовой заготовки определяют по шаблону так, чтобы заготовка имела относительно шаблона свободные поля. Для прочного закрепления заготовки края ее загибают вниз. Отбортовку краев (загиб) можно производить плоскогубцами, молотком на правочной плите или на специальных небольших ручных вальцах с загибочным профилем валков. Многие чеканщики просто подгибают углы вниз и тем самым обеспечивают захват. Для лучшего сцепления поверхности заготовки со смолой заготовка должна быть хорошо отожжена и отбелена или слегка протравлена. Поверхность смолы равномерно прогревают паяльным аппаратом до полного размягчения верхнего слоя, одновременно нагревают и заготовку. Горячую заготовку (держат ее плоскогубцами) опускают на размягченную поверхность смолы наклонно, с тем чтобы под пластиной не задержался воздух. Утопив загнутые края заготовки, ее еще раз прогревают сверху, чтобы смола плотно, без пузырей прилегла к заготовке. В местах образования воздушных пузырей металл прогибается, а иногда и прорывается. В процессе насмолки необходимо следить за тем, чтобы смола не воспламенялась, иначе она потеряет свои клейкие и пластические свойства. После остывания смолы заготовка готова к работе.

Рисунок или наносят с шаблона непосредственно на металл, или наклеивают на заготовку с помощью мыльного раствора или клея. Затем конфарником прочеканивают контуры изображения, оставляя четкий точечный след. Сконфаренные на металле кон-

туры прочеканивают расходником, превращая точечную линию в сплошную. Остроту боя чеканов выбирают в соответствии с размерами изделия. Опускание и выравнивание фона производят лощатниками, начиная с линии контура, прочеканенной расходником. Фон опускают на глубину линии контура (расходки). В результате выявляется четкое рельефное изображение с фоном. Вытягиваясь под действием чеканов, металл нагартовывается и требует отжига, особенно в местах контурных ступеней. Нагретую заготовку снимают со смолы и, равномерно прогревая аппаратом, отжигают. При этом прилипшие остатки смолы сгорают, образуя нагар, который снимают металлической щеткой (крайцбюром), сделанной из тонкой медной проволоки в виде кисти.

После отжига, для выколотки лицевого рельефа, заготовку снова насмаливают уже лицевой стороной вниз, чтобы с обратной стороны отчеканить лицевой рельеф. Если изделие не должно иметь четкого рисунка, то пластину помещают на свинцовую, деревянную, резиновую или войлочную основу (лицевой стороной вниз) и соответствующими чеканами прочеканивают изнанку в местах подъема лицевого рельефа. Эта операция вызывает искажение заготовки, которое устраняют правкой фона на ровной правочной плите.

Для окончательной обработки отожженную заготовку вновь насмаливают, но на этот раз полученные на листе полости рельефа предварительно заполняют смолой. В зависимости от точности и сложности изображения изделие может насмаливаться до 4...5 раз. Окончательную доработку рельефа и фона производят с большей тщательностью. Чекан для этого выбирают не только по форме, но и по поверхности боя, которая придает поверхности изделия определенную фактуру.

Снятое со смолы изделие отжигают, очищают от нагара и отбеливают, затем обрезают по чистовому размеру. Дальнейшая обработка производится согласно его назначению. Если изделие не требует пайки, его крацуют, оксидируют, полируют.

## 8.4. ГРАВИРОВАНИЕ

Гравирование — вид художественной обработки изделия, который заключается в вырезании рисунка на изделии штихелями. В ювелирной практике применяется ручное двухмерное (плоскостное) гравирование, по-иному — гравирование для вида. Ручное гравирование — сложный и трудоемкий процесс, требующий от исполнителя большого мастерства, выдержки и сосредоточенности. Гравирование ювелирных изделий производится за ювелирным и граверным верстаками. Основной круг граверных работ, который выполняют по ювелирным украшениям: выполнение монограмм на площадках колец и подвесок; разделка площадок (нанесение узора, контура, фона); нанесение гравировки на накладках колец; разгравировка боковых поверхностей

печаток; нанесение граверного рисунка на обручальные кольца, кольца типа «змейка» и т. д. Все эти работы можно выполнять за ювелирным верстаком (как делают большинство ювелиров), пользуясь ручными деревянными тисочками или деревянными крепежными шайбами для насмолки изделий, опираясь на финагель. Но гораздо удобнее гравировать за граверным верстаком либо на приставке к ювелирному верстаку, используя в качестве опорной площадки ровную плоскость столешницы. Высота граверного участка должна быть в пределах 70...75 см. Граверный верстак позволяет расширить диапазон граверных работ выполнения надписей на пластинах, гравирования на предметах сервировки стола, портсигаров, пудрениц, часовых корпусов и т. д. Для выполнения граверных работ кроме штихелей используют различные приспособления для фиксирования изделия и поворота его под необходимым углом. В качестве таких приспособлений могут быть использованы: ручные деревянные тисочки, крепежные шайбы, настольные струбцинки, шаровые тиски, граверные подушки.

**Деревянные тисочки (ручные)** — тисочки с различной формой губок, такие же, как и для закрепки камней. Применяются для гравирования колец за ювелирным верстаком с опорой на финагель.

**Крепежные шайбы** — изготовляют из вязких пород дерева. Служат для укрепления плоских изделий, серег, брошей, кулонов и т. д. Горизонтальные размеры шайб 50...80 мм, толщина 20...25 мм. Крепежные шайбы могут быть плоскими и выпуклыми с углублениями и прорезями для тыльной стороны изделий. Фиксирование изделий на крепежной шайбе осуществляют с помощью насмолки изделия на сургуч или китт. Шайбу покрывают фиксатором заранее, а насмаливают изделие, прогревая его контактным паяльником. Крепежной шайбой пользуются как за ювелирным верстаком, опираясь на финагель, так и за граверным, опираясь на граверную подушку.

**Настольная струбцина** — изготавливается из твердых пород дерева и представляет собой два прямоугольных бруска, параллельно стягивающихся длинными болтами. Размеры брусков (губок) 40×40×120 мм, расхождение губок 50...60 мм. Струбцина используется с опорой на граверную подушку и служит для зажатия в нее колец, толстых пластин, медалей, ложек и др.

**Шаровые тиски** — представляют собой деревянный (или металлический с деревянными губками) шар с параллельно расходящимися губками в верхнем полушарии. Диаметр шара 70...90 мм, расхождение губок 25...30 мм. Шаровые тиски для гравирования колец с опорой на граверную кольцевую (с отверстием в середине) подушку. Маневренность шаровых тисков позволяет быстро и плавно изменить положение изделия по отношению к штихелю. Кроме того, выпуклые вверху губки тисков оставляют большую обрабатываемую площадь. Сущест-

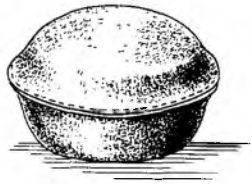


Рис. 137. Граверная подушка

вуют также металлические шаровые приспособления с разжимными цангами для удержания колец в процессе гравирования.

**Граверная подушка (кранц)** — кожаная или парусиновая круглая подушка, туго набитая песком. Диаметр диска 180...200 мм. Подушка служит опорой для приспособлений, удерживающих гравируемое изделие. Граверная подушка (рис. 137) дает возможность плавно и быстро разворачивать изделие в нужном направлении. Изготовляют ее, как правило, сами мастера.

Для этого из кожи вырезают два круга диаметром 180...200 мм, замачивают их в воде и мокрыми сшивают по окружности на расстоянии 5 мм от края. Круг прошивают не полностью — 30...50 мм оставляют незашитыми. Через незашитое отверстие в образовавшийся мешок насыпают мелкий сухой, промытый песок. Затем отверстие зашивают, подушку выравнивают на столе и дают ей высохнуть.

Кольцевая граверная подушка изготовляется также, но и в заготовке в центре диска делается отверстие 40...50 мм.

**Штихель** — основной гравировальный инструмент (резец) подобно закрепочному вставленный в деревянную ручку грибовидной формы. Длина клинка 100...120 мм. Изготовляют штихели из инструментальных сталей У12А или ХВГ. Кроме этих сталей, можно использовать: прутковую сталь «серебрянку», рессорные полоски, наружные кольца шарикоподшипников (выпрямив их), небольшие плоские напильники и лезвия опасных бритв. Обязательное требование к штихелю — хорошая закалка и правильная заточка. От этого во многом зависит качество выполняемой работы. Если штихель недокален, то или он быстро притупляется, или сминается его режущая кромка, если же перекален — режущая кромка его постоянно крошится.

Штихели вставляются в ручки различной длины для подгонки штихеля по руке по мере его стачивания. Ручки изготовляют длиной от 30 до 70 мм. Шейка ручки укрепляется металлическими кольцами. Нижняя часть грибка ручки (со стороны лезвия) скалывается аналогично закрепочным.

Штихели также различаются по форме поперечного сечения, определяющей назначение инструмента (рис. 138).

**Грабштихель** — удобен для гравировки на больших плоскостях и вогнутой поверхности. Имеет изогнутый клинок, прогиб которого от 3 до 8 мм. Угол лезвия может колебаться от 30 до 90°. В поперечном сечении имеет форму ромба.

**Фасеттенштихель** — один из самых ходовых штихелей, предназначается для проведения точных линий, выполнения узоров плоскостной гравировки и чистовой обработки рисунка. По форме профиля трапециевидный с резко заостренным лезвием.

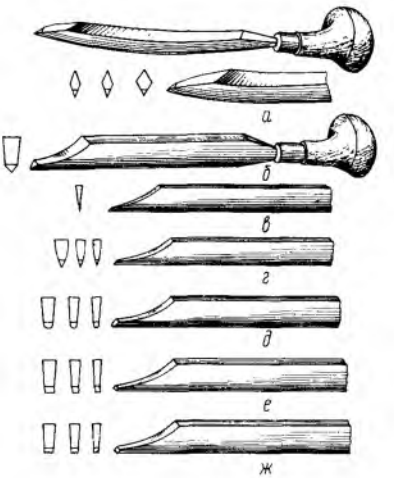



Рис. 138. Основные профили граверных штихелей

Имеет прямолинейный клинок с углом заострения лезвия до 60 до 120°.

**Мессерштихели**: тонкие — для выполнения очень тонких (в волос) легких линий, толстые — для наколов, проведения сильных резких линий и чистовой обработки. Имеют прямые клинки клиновидного профиля с прямыми стенками. Кромка лезвия во избежание обламывания зашлифовывается радиусом 0,1...0,2 мм. Угол заострения лезвия в зависимости от толщины штихеля — 15...30°.

**Шпицштихель** — служит для гравирования контура рисунка, нанесения четких глубоких линий, сильных штрихов, глянцевой подрезки. В отличие от мессерштихеля имеет выпуклые боковые стенки. Клинок прямой, угол лезвия колеблется в пределах 30...45°.

**Боллштихель** — применяется для гравировки закругленных линий (желобков), глубоких точек (ямочек), для глубокой (рельефной) гравировки. Должен иметь, аналогично закрепочному, закругленное лезвие. Радиус закругления выбирается от характера работы (от 0,3 до 5 мм).

**Флахштихель** — используется для выемки и выравнивания фона, в ряде случаев для шабрения поверхности, глянцевой подрезки. Имеет плоское лезвие (режущую кромку). Ширина лезвия может быть от 0,2 до 5 мм. Флахштихель с широким лезвием, имеющий форму перевернутого клинка, называется «обратный мессер». Для облегчения работы и заточки лезвие флахштихеля затачивается низко.

**Шатирштихель** — имеет много названий (ребштихель, фаденштихель, растровый штихель), употребляется для штриховки

и матирования поверхности. В отличие от флахштихеля на лезвии имеет мелкую зубчатую насечку. Шаг насечки от 0,1 до 0,4 мм.

### Заточка штихелей

Одна из причин брака при гравировании — неправильная заточка штихелей, поэтому нельзя приступать к работе, не имея определенных навыков заточки. Подготавливая штихель к работе, предусматривают не только удобство гравировки, но и удобство его заточки. Для этого у штихеля со стороны спинки примерно на $^1/_3$ длины свободного клинка на наждачном точиле делается срез. Срез стачивается таким образом, чтобы высота лезвия рабочей части штихеля была от 1,5 до 3 мм. При таком срезе конец штихеля не загораживает рисунка во время гравирования и уменьшается площадь заточки его рабочей части. На боковых ребрах среза снимается фаска, предохраняющая пальцы от пореза.

Режущую кромку образует площадь заточки (лобовая площадка) со стенками и лезвием (основанием) клинка. Лобовая площадка должна образовывать с лезвием клинка угол 45° (угол заточки). Угол заточки менее 45° заставит штихель «зарываться» в металл, срезая металл рывками. При угле заточки более 45° штихель будет проскальзывать по направлению клинка. Обязательное условие заточки — чтобы лобовая площадка штихеля затачивалась плоской (без выпуклостей и закруглений). При заточке штихеля на бруске локоть правой руки должен быть на весу, а кисть — сильно прижимать площадку к камню под углом 45°. Затачивают штихель со стороны спинки, следя за тем, чтобы не пережечь режущую кромку. Для заточки применяют мелкозернистые бруски типа «арканзас», поверхность которых смачивают жидким машинным маслом или керосином. После заточки на бруске снимают заусенцы на глянцевом оселке или плотноструктурном кремнистом сланце. Лезвие и боковые стенки клинка, если они образуют кромку, заполировывают на коже, натертой пастой ГОИ. Лезвие заполировывают короткими движениями назад (в сторону ручки), чтобы не испортить жало режущей кромки. Заточка штихелей — это сложный процесс, к которому нужно относиться предельно внимательно.

### Нанесение рисунка

Перед тем как приступить к гравированию, необходимо соответствующим образом подготовить поверхность изделия. Если гравирование должно быть выполнено на глянцевой поверхности, изделие тщательно полируют, если поверхность должна быть матовой, изделие подвергают матированию. Придать поверхности матовость можно, обработав изделие крацовкой (обработка на моторе металлической щеткой), пескоструйкой,

мелкой шкуркой, пемзой. Изделие с обработанной под гравировку поверхностью укрепляют в соответствующем приспособлении.

Для нанесения рисунка поверхность изделия покрывают тонким слоем белой акварельной краски или жидкой гуаши и дают ей просохнуть. Если после высыхания на изделии заметны сгустки или незакрашенные места (плешины), краску в этих местах выравнивают влажным пальцем.

Несложный рисунок может быть сделан от руки остро отточенным карандашом по высохшей краске. Сложные рисунки для гравирования на плоской поверхности выполняют на бумаге в натуральную величину. Изображение должно быть четким.

Переносят рисунок на окрашенную поверхность изделия через копировальную бумагу. Если не имеет значения, какое получится изображение — обратное или прямое, его переводят с лицевой стороны карандашного рисунка. Для этого первоначальный рисунок четко выполняют на матовой кальке или пергаменте мягким карандашом. Затем, плотно прижав рисунок лицевой стороной к окрашенной и покрытой тонким слоем воска поверхности изделия, с внешней стороны гладким округлым предметом (ручкой штихеля) проглаживают всю поверхность изображения. В обоих случаях недостаточно четкий рисунок подправляют карандашом. Для нанесения слоя воска изделие подогревают и натирают кусочком воска, который, тая, растекается по поверхности. Образовавшиеся натеки снимают, пока изделие не остыло.

При сложных изображениях, когда есть опасение, что рисунок может стереться в процессе гравировки, его покрывают тонким слоем прозрачного нитролака.

Если на открытой поверхности гравируемого изделия остались неокрашенные полированные участки, которые, отражая свет, слепят глаза, их целесообразно покрывать слоем воска. Воск не только рассеивает свет, но и предохраняет полированную поверхность от затирания.

Для гравирования штихель берут в правую руку так, чтобы ручка своей тыльной частью упиралась в ладонь (рис. 139). Большим и указательным пальцами штихель поддерживают на гравируемой поверхности в положении лезвия клинка. При гравировании большой палец правой руки упирают в гравируемую поверхность, регулируя давление штихеля на металл и страхуя штихель от проскакивания и срывов. Большой палец правой руки может упираться также в большой или указательный палец левой руки, держащей приспособление с зажатым в нем изделии. Левая рука постоянно регулирует положение прорезаемой линии, поворачивая приспособление с изделием и направляя линию навстречу режущей части штихеля.

Рис. 139. Положение штихеля в руке

К **гравированию под глянец** предъявляются повышенные требования, так как и углубления, и поверхностная часть узора открыты для просмотра. Выбранная часть рисунка должна быть одинаково глянцевой и четко прорезанной, а поверхностные участки — иметь безошибочное штриховое оформление. При гравировании по глянцу ведущим штихелем является фасеттенштихель. Им одним можно проводить линии различной ширины. При положении штихеля прямо (без бокового наклона) прорезают тонкие линии, при утолщении линии штихель наклоняют в сторону необходимого утолщения. Чем больше наклон штихеля, тем шире прорезаемая линия. При гравировании под глянец линию следует прорезать, не отрывая штихель от металла, так как в противном случае образуются ступени. Для оформления рисунка наряду с фасеттенштихелем пользуются и другими штихелями: шпицштихелем — для подрезки (опускания) фона, чтобы было рельефней изображение; мессерштихелем — для штриховой фоновой обработки и т. д. Ко всем штихелям для гравирования под глянец предъявляется обязательное требование — быть хорошо отполированными.

**Гравирование под чернение** — вид обработки, когда выгравированный узор предназначается для заливки чернью. В отличие от гравирования под глянец при гравировании под чернение не требуется зеркального среза, даже наоборот — шероховатость поверхности способствует лучшему сцеплению основного металла с чернью. Как правило, при гравировании под чернение сначала оконтуривают рисунок (шпицштихелем), а уже затем рисунок углубляют. Гравируют небольшими штрихами с последующим выравниванием прореза. Участки изделия, не подлежащие заполнению чернью, тщательно отполировывают и во время гравирования предохраняют от нанесения ошибочных штрихов и царапин.

## 8.5. ЭМАЛИРОВАНИЕ

Эмалирование — вид декоративной отделки, связанный с покрытием участков изделия легкоплавкой стекловидной массой. В производстве ювелирных изделий из драгоценных металлов пользуются горячими эмалями, т. е. теми, которые накладываются посредством обжига. Кроме декоративных качеств эмаль обладает прекрасными защитными свойствами благодаря стойкости против химических реагентов. По химическому составу это соли кремниевой кислоты (свинцово-силикатное стекло), окрашенные молекулярными или коллоидными красителями. Цвет эмалей может быть самым различным. Цветные эмали могут быть прозрачными и непрозрачными (глухими). Непрозрачность эмалей достигается введением в состав сплава оксида олова, оксида мышьяка (III), фосфорной кислоты и других веществ, заглушающих прозрачность.

Классифицируются эмали по технологическим и конструк-

тивным особенностям изделий, удерживающих эмаль на поверхности. Их делят на выемчатые, перегородчатые, оконные и живописные. В ювелирной промышленности в настоящее время большое применение находят выемчатые и перегородчатые эмали.

**Выемчатыми эмалями** называют те, для которых в изделиях сделаны углубления (выемки), выполненные граверной техникой, штамповкой или чеканкой. Углубления делают на глубину 0,3...0,5 мм. Стенки углубления должны быть вертикальными, а лучше с поднутрением, тогда эмалевое покрытие прочно удерживается на металле. При покрытии прозрачной эмалью больших поверхностей площадку (покрываемую поверхность) разделывают с помощью штихеля определенным рельефным рисунком. Под непрозрачные эмали площадку матуют или делают на ней насечку штихелем для образования шероховатой поверхности. Такое состояние площадки способствует лучшему сцеплению эмали с металлом.

**Перегородчатые эмали** — эмали, заполняющие углубления между перегородками, сделанными из вальцованной проволоки или филиграни, припаянными к основанию. Та часть изделия, которая предназначена для покрытия эмалью, выполнена в виде низкой, открытой сверху коробочки; перегородки, как правило, создают определенный рисунок. Высота перегородок и бортика около 0,8...1,0 мм. Пайка перегородок должна производиться только высокотемпературными припоями, имеющими температуру плавления выше температуры плавления эмали.

**Оконные, или прозрачные, эмали** представляют собой эмалевую затяжку сквозных отверстий прозрачными цветными эмалями. Изделия под оконную эмаль должны иметь вырезанный в металле или выполненный филигранной техникой ажурный рисунок (узор), отверстия которого заполняются цветной прозрачной эмалью. Работа эта требует от эмалировщика большого мастерства.

**Живописные эмали** — миниатюрная живопись эмалью на эмалированных изделиях, покрытых эмалью. Это самый трудоемкий и кропотливый вид эмалирования, требующий от исполнителя не только мастерства, но и больших художественных способностей. Основа, сплошь покрытая эмалью, по которой производят роспись, изготовляется из меди, серебра и золота и может иметь любую форму. Этот вид эмалирования отличается большим разнообразием эмалей, различных как по цвету, так и по температуре плавления.

Прежде чем приступить к эмалированию, эмаль готовят к наложению. Даже в одном куске или плитке эмаль может быть неоднородной. Поэтому плитки или крупные куски перед измельчением колют и выбирают участки одинаковой прозрачности и цвета, без помутнений и загрязнений. Отобранные куски дробят стальным пестом в стальной ступе до образования очень мелкой крошки. Крошку тщательно промагничивают и растирают с водой в фарфоровой или агатовой ступе таким же пестом

до образования однородной кашицы. Очень важно, чтобы зернистость кашицы была одинаковой. Образовавшуюся в результате дробления пыль удаляют многократным промыванием измельченной эмали в воде и сливают в виде мути. Очищенная от пылевидных частиц кашица считается годной к наложению. Во избежание загрязнения во время эмальерных работ эмаль заливают водой и таким образом сохраняют. Перед наложением эмали лишнюю воду сливают. Вся работа по подготовке эмали должна проводиться в идеально чистых условиях, так как попадание пыли и грязи в эмаль даст брак — темные пятна.

Перед наложением эмали изделия отжигают (нагартованные изделия могут получить искажение — покоробиться в процессе нагрева с эмалью) и отбеливают. Изделия, углубления которых не подготовлены штихелем, крацуют латунными щетками и подвергают кислотному травлению. Затем изделие промывают и просушивают. Места, не покрывающиеся эмалью, должны быть без дефектов — забоин, трещин, царапин, случайных рисок и т. д. Эмалевую кашицу раскладывают (припускают) в подготовленные для эмали места, выравнивают и уплотняют встряхиванием (легким постукиванием пальцами по изделию сбоку). Накладывают эмаль кисточкой или металлическим шпателем (тонкий стержень с расплющенным концом). Влагу из кашицы удаляют с помощью фильтровальной бумаги или ватного тампона и изделие сушат. Ту часть эмали, которая попала на места, не подлежащие эмалированию, удаляют.

Обжигают эмаль в муфельных печах при температуре нагрева камеры 600...800 °С, в зависимости от температуры плавления эмали. Изделия помещают в печь на подставке из листового железа с загнутыми вниз с двух сторон краями. Такая подставка обеспечивает равномерный прогрев изделий со всех сторон. Перед обжигом эмали подставку прокаливают и обивают с нее окалину.

При пользовании пламенными источниками теплоты необходимо изолировать изделие от попадания на него копоти. Кроме того, соприкосновение открытого пламени с эмалью меняет ее цвет. Обжиг длится до растекания эмали и появления на ее поверхности зеркального блеска. Затем изделие постепенно охлаждают. В тех случаях, когда эмаль должна быть заподлицо с металлом, эмалированную поверхность опиливают мелкозернистым бруском, смоченным в воде, до выравнивания с металлом.

При наложении на одно изделие нескольких эмалей, если неизвестна температура плавления их, сначала делают пробу эмалей на плавкость. Для этого на металлической пластинке раскладывают эмали нескольких цветов (сортов) и помещают в муфельную печь, внимательно следя за последовательностью их расплавления. Определив последовательность расплавления испытуемых эмалей, приступают к наложению их на изделие. Раскладку и обжиг начинают с тугоплавких эмалей, одновремен-

но с этим грунтуют места для более мягких эмалей тугоплавкой эмалью выбранного тона. Затем накладывают более мягкие эмали. При раскладке перегородчатой эмали со сканными перегородками необходимо следить за тем, чтобы кашица лежала ровным слоем и не набегала на стенки перегородок. Эмаль не должна доходить до верхнего предела, так как последующее опиливание эмалей со сканными перегородками не допускается.

Наложение эмалей на изделия с гладковальцованными перегородками несколько отличается от наложения их на изделия со сканными разводами. Эмалевую кашицу раскладывают вровень со стенками перегородок, при обжиге эмаль оседает — первую прокладку считают грунтом. Эмаль раскладывают и обжигают до тех пор, пока в обожженном состоянии она не заполнит ячейки до высоты перегородок. Затем поверхность выравнивают мелкозернистым бруском и тщательно промывают. Полученную матовую поверхность эмали обжигают в печи до появления блеска. После этого изделие полируют. Часто перегородчатые эмали сверху покрывают бесцветной эмалью — фондоном. Делают это в два-три приема, пока перегородки не окажутся под фондоном. При приготовлении фондона надо особенно тщательно следить за чистотой; растирать и размешивать его лучше в дистиллированной воде.

Наложение оконной эмали сложно тем, что ее приходится накладывать на сквозное отверстие. Подготовленные для эмалирования отверстия (прорезанные или филигранные) заполняют эмалевой кашицей. Крупные окна предварительно затягивают фондоном, а уж затем расцвечивают цветной эмалью. Окна заполняют, зачерпнув шпателем эмалевую кашицу и распределяя ее в отверстиях так, чтобы они затянулись пленкой. Потом фильтровальной бумагой отсасывают влагу и, если пленка лопается, затягивание повторяют. Затянув все отверстия ажура кашицей и просушив ее, изделие осторожно (без толчков) помещают в печь и держат там до тех пор, пока эмаль не начнет растекаться, затягивая отверстия. Извлеченным из печи изделиям дают остыть, пустые отверстия снова заполняют кашицей и обжигают. Так путем нескольких обжигов достигают полного заполнения отверстий и нужного слоя оконной эмали. При обжиге оконной эмали внимательно следят за тем, чтобы не допустить перегрева, иначе эмаль провалится и прорвется.

Эмалевую живопись наносят на слой покровной эмали, который накладывается на эмалевый грунт металлической основы. Основой может служить золотая, серебряная или медная пластина, вырезанная по контуру и выгнутая (если надо) по заданной форме. Если эта пластина служит накладкой (верхушкой), прикрепляющейся механическим способом, то к ней припаивают штифты. Перед наложением на верхушку грунта ее отжигают, протравливают, промывают и сушат. Грунтом чаще всего служит белая (молочная) эмаль, которую кашицей накладывают на поверхность верхушки. Накладывается эмаль и с обратной сто-

роны верхушки (контрэмаль), она предохраняет верхушку от коробления. Контрэмаль, на которую используют остатки эмалей, накладывается более тонким слоем. Удалив из кашицы влагу и просушив ее, верхушку помещают на подставке в печь для обжига. При первом обжиге изделие выдерживают в печи до тех пор, пока эмаль не начнет собираться в бугорки и блестеть, затем его вынимают и вторично накладывают кашицу, стараясь заполнить углубления между бугорками. Просушенное изделие снова помещают в печь и на этот раз выдерживают до полного растекания эмали. На остывший грунт накладывают слой покровной эмали, обладающей исключительной чистотой цвета. После наложения и обжига покровного слоя эмаль выравнивают, опиливая мокрым бруском, промывают и вываривают в растворе поташа и снова обжигают до появления ровного блеска. Изображение на эмалированную поверхность переводят копировальной иглой через копировальную бумагу на подслой скипидарного масла.

Живописные краски растирают со скипидарным маслом до тех пор, пока куски краски не перестанут растекаться на стекле. До росписи живописные краски опробуют на изменение цвета при обжиге и под фондоном, затем раскладывают на стекле с подклеенной белой бумагой. Прописку рисунка производят чертежным пером или тонкой кисточкой, начиная с контура. Роспись живописными эмалями осуществляется в последовательности понижения температур плавления эмалей, т. е. сначала накладывают штрихи эмалями с более высокой температурой плавления, обжигают, затем с температурой плавления ниже, опять обжигают и т. д. Таким образом, роспись осуществляется посредством многократного обжига эмалей. В это время следует внимательно следить за тем, чтобы не допустить перегрева, в результате которого расписные штрихи могут тонуть и расплываться в грунте. Завершенная живопись покрывается фондоном, который предохраняет рисунок и придает ему блеск.

## 8.6. ЧЕРНЕНИЕ

Чернение — вид декоративной отделки, заключающийся в наложении на поверхность изделий легкоплавкого сплава черного цвета (черни). Чернью декорируют ювелирные изделия из серебра. Хорошо ложится чернь на медные сплавы. Обязательные компоненты черневого сплава — серебро, медь, свинец и сера. В некоторых рецептах свинец можно замещать оловом и вводить в состав сплава буру, хлористый аммоний, висмут.

Готовят чернь из сульфидов меди, серебра и свинца. Для получения сульфида меди берут 76,2 % медной стружки и 23,8 % серы; сульфида серебра — 84,5 % серебряной стружки и 15,5 % серы; сульфида свинца — 83,7 % свинцовой стружки и 16,3 % серы. Каждый состав в отдельном тигле помещают в холодную печь и нагревают вместе с печью до 350 °С. После выдержки

2,5...3 ч тигли вынимают и отливают в слитки. Измельченные сульфиды являются основой для составления черни. Один из оптимальных составов имеет следующее соотношение: 46,66 % сульфида меди, 11,12 % сульфида серебра, 42,22 % сульфида свинца. Смешанные в определенной пропорции порошки сульфидов в тигле ставят в печь и нагревают до температуры 650 °С. В ходе плавки в смесь добавляют нашатырь из расчета 28,5 % от общей массы, с периодическим перемешиванием расплава. Затем расплав выливают в прогретую до 300 °С изложницу, выдерживают до охлаждения. Полученный сплав измельчают.

Чернь накладывают на изделие, подготовленное для черни, т. е. с углубленным гравированным рисунком. Гравированный рисунок выполняется без глянца для лучшего сцепления черни с основным металлом. Глубина рисунка в пределах 0,2...0,3 мм (от размеров изделия и площади углубления). Поверхность изделия, не покрывающаяся чернью, должна быть полированной без рисок, царапин и других дефектов.

Тонко измельченный порошок черни разбавляют раствором буры, поташа и поваренной соли до сметанообразного состояния. Приготовленную кашицу накладывают на участки, подлежащие чернению. Изделие предварительно обезжиривают. Кашицу выравнивают на поверхности изделия так, чтобы были заполнены все углубления, затем фильтровальной бумагой или ваткой из нее удаляют влагу. Чернь, попавшую на места, не подлежащие чернению, аккуратно убирают, и все изделие просушивают. После этого изделие обжигают в печи при температуре 300...400 °С до полного расплавления черни. Остывшее покрытие может иметь натеки и неровности, поэтому изделие подвергают механической обработке. В зависимости от состояния покрытия изделие опиливают или шабрят. Для опиливания используют мелкие надфили или напильники. Обрабатывают черневое покрытие аккуратно, не нарушая рисунка и конфигурации поверхности. Далее следует полировка, и чернь приобретает свойственные ей блеск и оттенок.

## 8.7. ОКСИДИРОВАНИЕ

Оксидирование металлов заключается в получении на их поверхности химически стойкой защитной пленки. Подвергаются этой обработке изделия из серебра и недрагоценных металлов. Оксидирование может производиться двумя способами — химическим и электрохимическим.

Оксидная защитная пленка способна на длительное время сохранить поверхность изделий в декоративно-привлекательном состоянии от атмосферного влияния. Оксидированием можно получить как прозрачную, так и цветную пленку. Получение прозрачной пленки — *пассивирование* дает возможность сохранить поверхность серебряного изделия в естественном для серебра белоснежном виде. Изделия с цветной пленкой, как

правило черной или темно-серой с оттенками различных цветов (синеватыми, желтоватыми, коричневатыми, зеленоватыми и др.), сохраняют свои декоративные теневые эффекты до попадания в агрессивные или абразивные среды. Химическое пассивирование серебра может быть получено в растворе электролита.

| Состав электролита (в г/л) | |
|---|---|
| Двухромовокислый калий $K_2Cr_2O_7$ | 10 |
| Оксид хрома $CrO_3$ | 1 |

Температура раствора 18...25 °С, время обработки 1...2 с. После обработки изделия тщательно промывают в проточной воде и сушат.

Химическое декоративное (цветное) оксидирование серебра проводят в растворах сульфида калия (серной печени). Для приготовления серной печени сплавляют вместе серу и поташ ($K_2CO_3$ — углекислый калий) в пропорциях 1:2 или 1:1. Плавку их нужно производить, помешивая, не давая воспламеняться, до образования темно-коричневой массы. Полученный сплав сохраняют в темном закрытом сосуде кусковой массой. Для получения оксидирующего раствора необходимое количество массы 20...30 г/л измельчают и растворяют в воде, подогревая до 80...90 °С. Обезжиренное серебряное изделие оксидируют, окуная в горячий раствор. Если оксидирование проводят местное (определенного участка), то раствор наносится кистью на участок поверхности. Для повышения активности раствора серной печени и разнообразия оттенков в состав раствора могут вводиться хлористый аммоний 40 г/л или углекислый алюминий 20 г/л. Приготовленный раствор остается активным в течение 4...5 ч.

За процессом потемнения поверхности наблюдают. Необходимое состояние можно зафиксировать промывкой в воде. Высохшую поверхность очищают фетром (сукном), натертым мелом или полируют до состояния нужного тона.

Электрохимический процесс оксидирования сходен с процессом электролитического осаждения металлов и проводится в гальванических цехах или участках.

При электрохимическом пассивировании серебра пользуются электролитом следующего состава (в г/л):

| | |
|---|---|
| Хромовокислый калий $K_2CrO_4$ | 100...150 |
| Углекислый натрий $Na_2CO_3$ | 1...2 |

Температура раствора 18...22 °С, плотность тока 1 А/дм$^2$, время обработки 35 мин. После обработки изделия промывают и сушат в течение 5...10 мин при температуре 60...70 °С.

Декоративное электрохимическое оксидирование серебра проводят в электролите следующего состава (в г/л):

| | |
|---|---|
| Сернистый натрий $Na_2S \cdot 9H_2O$ | 20...30 |
| Сернокислый натрий $Na_2SO_3$ | 15...20 |
| Серная кислота $H_2SO_4$ | 5...10 |
| Ацетон | 3...5 |

Температура раствора 18...25 °С, плотность тока 0,1...0,5 А/дм$^2$, продолжительность процесса 1...5 мин.

## 8.8. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

Гальванизацией называют процессы осаждения одного металла на другом в среде электролитов. В ювелирной промышленности широко используют гальванизацию для покрытия изделий слоем золота и серебра. Золочение и серебрение ювелирных изделий применяется в декоративных целях и для повышения износостойкости и химической стойкости изделий. Покрытия, полученные гальванизацией, отличаются высокой прочностью, а сам процесс — экономичностью. Электролитами служат водные растворы солей и кислот. Сущность электролитического осаждения металла заключается в следующем. Молекулы солей, растворенные в воде, распадаются на положительные и отрицательные ионы. Положительными являются ионы водорода и металлов, а отрицательными — кислотные и водные остатки. При пропускании через раствор постоянного электрического тока ионы, заряженные положительно, стремятся к отрицательному электроду, а ионы, заряженные отрицательно, — к положительному. Электрод, служащий положительным полюсом, называют анодом, а электрод отрицательный — катодом. Так как ионы металлов положительны и стремятся к катоду, в качестве катода используют покрываемые изделия, в то время как анодом служит пластинка из металла, которым покрывают изделия. При всех гальванических процессах применяют ванны, изготовленные из кислотоупорных материалов (стекла, винипласта, тефлона). Каждому покрытию соответствует свой режим электролиза, от которого зависят толщина и качество покрытия.

**Золочение.** Покрытию слоем золота подвергают ювелирные изделия как из недрагоценных металлов, так и из серебра и золота. При правильно выбранном режиме золочения покрытие толщиной 2 мкм обеспечивает изделия ровным, плотным, беспористым и износостойким слоем золота. Твердость покрытия превышает твердость литого золота более чем вдвое. Золочение

золотых изделий производится с целью реставрации старых украшений, а также для придания хорошего товарного вида некоторым новым, например цепочкам. Такое покрытие называют подцветкой изделия.

Основной ассортимент изделий, подвергающихся золочению, — из серебряных и медных сплавов. Поверхность изделий, подвергающихся золочению, должна быть однородной по цвету, без следов окалин, заусенцев, расслоений, вмятин, рисок, матовых пятен и др. Процесс покрытия золотомедным сплавом 850-й пробы проходит по следующей схеме. Изделия подвергают электрохимическому обезжириванию в водном растворе (в г/л):

| | |
|---|---|
| Тринатрий фосфата | 30 |
| Сода кальцинированная | 30 |

при температуре раствора 60...80 °С и плотности тока 6 А/дм$^2$.

Затем изделия промывают горячей и холодной проточной водой и подвергают химической активации в 7,5 %-ном растворе серной кислоты для серебряных изделий и 5 %-ном растворе соляной кислоты для изделий из медных сплавов, с последующей промывкой в проточной и дистиллированной воде. Изделия размещают на качающихся подвесках либо во вращающемся барабане и помещают в ванну с электролитом. Изделия служат катодом, а пластины из нержавеющей стали — анодом. В качестве электролита используется золотосодержащий состав из расчета 1 л электролита (в г):

| | |
|---|---|
| Дицианоаурат калия (в перерасчете на золото) | 5...6 |
| Трилонатный комплекс меди (в перерасчете на медь) | 2,5...3,0 |
| Калий фосфорнокислый однозамещенный | 40...45 |
| Дистиллированная вода | |

Температура электролита 40 °С, плотность тока 0,4...0,7 А/дм$^2$.

По окончании процесса золочения изделия промывают в дистиллированной воде и сушат.

**Серебрение.** Слоем серебра покрывают изделия из недрагоценных металлов в декоративных целях. Подготовка изделий для осаждения серебра начинается с обезжиривания в органическом растворе — четыреххлористом углероде или бензине. Время обезжиривания 3...20 мин, в результате удаляются минеральные жиры. Затем для удаления с поверхности жировой пленки изделия

подвергают электрохимической обработке в электролите следующего состава (в г/л):

| | |
|---|---|
| Едкий натр | 20...30 |
| Сода кальцинированная | 20...30 |
| Тринатрийфосфат | 50...60 |
| Жидкое стекло | 5...10 |

Рабочая температура электролита 70...80 °С, плотность тока 3...10 А/дм$^2$, продолжительность обработки от 2 до 15 мин.

Химическая обработка изделий, имеющих паянные оловянистыми припоями соединения, проводится в подогретом электролите того же состава. Затем изделия промывают в горячей (80...90 °С) и холодной проточной воде. После этого их декапируют в водном растворе 30...40 г/л цианистого калия. Температура раствора 18...25 °С, длительность обработки 10...30 с. Чтобы предотвратить контактное выделение серебра на изделиях при погружении их в рабочую ванну, изделия амальгамируют или подвергают предварительному серебрению. Амальгамирование проводят в растворе 60...70 г/л цианистого калия и 6...8 г/л оксида ртути. Изделия выдерживают в течение 3...5 с при температуре 15...25 °С.

Для предварительного серебрения используют электролит, состоящий из 1,5...4 г/л цианистого серебра и 90 г/л цианистого калия. Электролиз проходит при температуре раствора 18...25 °С, плотность тока 1...8 А/дм$^2$, продолжительность 0,5...4 мин.

Осаждение серебра производят в цианистых электролитах, которые благодаря своим высоким технологическим свойствам имеют широкое практическое применение.

Все цианистые методы серебрения проводятся при анодах из чистого серебра в электролитах состава (в г/л):

| | |
|---|---|
| Цианистое серебро | 50...60 |
| Цианистый калий | 40...50 |
| Углекислый калий | 40...50 |
| или | |
| Цианистый калий | 35...45 |
| Хлористое серебро | 30...35 |
| Углекислый калий | 40...50 |

Температура электролита 18...25 °С, плотность тока 0,1...0,5 А/дм$^2$.

Для получения блестящих серебряных покрытий в состав электролитов вводят блескообразующие добавки — тиосульфат натрия, сероуглерод. Основным недостатком цианистого метода

серебрения является высокая токсичность, в связи с этим разработаны и применяются электролиты, не содержащие цианистого калия. В состав нецианистого электролита входит (в г/л):

| | |
|---|---|
| Хлористое серебро | 40 |
| Железистосинеродистый калий | 200 |
| Поташ | 20 |

Температура электролита 25...60 °С, плотность тока 1,0...1,5 А/дм$^2$.

| | |
|---|---|
| Азотнокислое серебро | 60...70 |
| Трилон Б | 70...100 |
| Едкий натр | 15...18 |
| Азотнокислый аммоний | 32...40 |
| Гидроокись аммония | до pH 9,5...10,5 |

Температура 18...25 °С, плотность 0,3...0,8.

После покрытия серебром и промывки изделия подвергают крацовке латунными щетками с раствором кальцинированной соды (5...10 г/л). Эта операция необходима для уплотнения серебряного слоя и выявления дефектов покрытия (отслоений, оголения участков и др.). За крацовкой снова следует промывка по 3...5 с в холодной проточной, а затем в горячей (80...90 °С) воде многократным погружением в ванну. Сушат изделия в сушильных шкафах при температуре 70...110 °С.

? 1. Какие преимущества и недостатки имеет каждый вид полирования? 2. Каково назначение основных профилей граверных штихелей? 3. Какие бывают разновидности эмалевых покрытий? 4. Какова общая схема наложения эмали? 5. Что представляет собой чернь? 6. Какая разница между черневым покрытием и черным оксидированием? 7. Какова общая схема гальванических покрытий?

# ГЛАВА 9
# ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

## 9.1. ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА

**Сохранность драгоценных металлов.** Одна из главных задач для всех предприятий ювелирного профиля — сохранность драгоценных материалов. Независимо от уровня и подчиненности

предприятия, перерабатывающие и применяющие драгоценные материалы, обязаны иметь регистрационное удостоверение территориально-государственной инспекции пробирного надзора на их переработку и применение.

Материалы, подлежащие драгучету:

1. Драгоценные металлы (золото, серебро, платина, иридий, родий, рутений, палладий, осмий).

2. Сплавы драгоценных металлов (во всех видах).

3. Соли, содержащие драгоценные металлы.

4. Растворы солей и кислот с содержанием драгоценных металлов.

5. Природные ювелирные камни (алмазы, бриллианты, рубины, изумруды, сапфиры, жемчуг, коралл, янтарь).

6. Искусственно полученные камни (в виде ограненных вставок, культивированный жемчуг).

Предприятия должны соблюдать экономию драгоценных материалов и расходовать их в соответствии с нормами расхода. Для всех работников, непосредственно участвующих в обработке драгматериалов и их хранении, устанавливается материальная ответственность. Ювелирные предприятия оборудуются специальным помещением (смотровой комнатой) для хранения драгматериалов в сейфах. Все сейфы и помещения оборудуются системой тревоги и сигнализации, подключенной к центральному пульту. Доставка драгматериалов на предприятия и перевозка готовой продукции производятся специальной службой и специальным транспортом.

Каждое рабочее место ювелирного предприятия обеспечивается ящиками, поддонами, кожухами, фильтрами, пылеулавливателями, отстойниками для максимального полного сбора отходов драгметаллов.

На всех стадиях изготовления и ремонта ювелирных изделий **запрещается:** работать на одном рабочем месте одновременно с различными драгметаллами; с драгметаллами разных проб; одновременно обрабатывать драгоценные и недрагоценные металлы.

Не допускается хранение драгоценных металлов совместно с недрагоценными.

Использование деталей из недрагоценных металлов (стальные пружинки, латунные штифты в браслетах и др.) учитывается по массе и указывается в технических описаниях особо.

Запрещается применение припоев с содержанием драгоценных металлов для пайки недрагоценных изделий без письменного разрешения вышестоящей организации.

Передача изделий и полуфабрикатов внутри предприятия с одного участка на другой производится только через склад с документальным учетом по массе и пробе.

Неотделимые отходы драгметаллов: водный отстой, отработанные напильники, отработанные шлифовальные круги и щетки, шлифотходы, бой тиглей, жидкие отходы — сдаются в переработку для последующего извлечения драгметаллов.

## 9.2. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

К производствам повышенной опасности относятся многие отделения ювелирных предприятий, так как рабочим в них приходится иметь дело с горячим металлом и непрерывно вращающимися механизмами.

В процессе плавки и отжига металла рабочие должны предохранять лицо, руки и одежду от попадания на них раскаленных частиц защитными очками, рукавицами, фартуком и различными защитными устройствами.

Во время прокатки, волочения и штамповки необходимо следить за тем, чтобы рукава спецодежды (халата) были плотно застегнуты или закатаны, руки рабочего находились вне зоны работы движущихся деталей оборудования, чтобы оборудование использовалось только в исправном состоянии.

Работы, связанные с применением режущего инструмента, представляют меньшую опасность, потому что производятся вручную. Однако при работе надфилями, шаберами, лобзиками, штихелями необходимо беречь руки от порезов и уколов. Изделия же в основном малых размеров, и обрабатывают их в руках или придерживая руками, поэтому во время работы следует избегать касания рукой рабочей части инструмента.

Операции пайки требуют особой осторожности. При утечке газа запрещается: зажигать горелку, включать или выключать электроприборы, производить операции, вызывающие искры. Во время пайки на верстаке не должны находиться легковоспламеняющиеся предметы. Раскаленные изделия должны остывать только на специальных подставках из огнеупорных материалов. Переносить их следует пинцетом.

Все работы, связанные с кислотными и другими разъедающими растворами, должны проводиться в специально оборудованных цехах или участках с вытяжными устройствами. Кроме устройств, защищающих рабочего от попадания разъедающих растворов, необходимо пользоваться кислотостойкой спецодеждой.

При засорении глаз промывают раствором борной кислоты (1 чайная ложка на стакан воды) или кипяченой водой. Не рекомендуется при засорении тереть глаз. Если инородное тело извлечь из глаза не удается, обращаются к врачу.

С безопасностью труда тесно связаны вопросы пожарной безопасности. Основные причины возникновения пожара: нарушение правил обращения с легковоспламеняющимися жидкостями и другими материалами; неисправность электропроводки; несоблюдение правил работы с газопламенными аппаратами и электронагревательными приборами.

Для предупреждения пожаров необходимо строго выполнять правила пожарной безопасности. Постоянно содержать цех и каждое рабочее место в чистоте и порядке; осторожно обращаться с огнем, газопламенными аппаратами, нагревательными приборами, различным электрооборудованием, легковоспламеняющими-

ся материалами. Все огнеопасные материалы должны храниться в специальных помещениях и в соответствующей посуде или шкафах. Каждый цех должен быть снабжен огнетушителями.

На случай тушения очага пожара до прибытия пожарной команды из сотрудников предприятия необходимо организовать пожарные бригады, проинструктировать их о плане действия бригады на каждом участке, об обращении с пожарными рукавами (в пожарных кранах), насосами, огнетушителями. Предприятия должны иметь планы тушения возникшего очага пожара и эвакуации сотрудников и материальных ценностей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


**Андерсон Б.** Определение драгоценных камней. — М.: Мир, 1983.

**Андропов В. П.** и др. Опробование драгоценных металлов в полуфабрикатах, изделиях и отходах производства. — М.: Металлургия, 1980.

**Балицкий В. С., Лисицина Е. Е.** Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. — М.: Недра, 1981.

**Банк Г. В.** В мире самоцветов. — М.: Мир, 1979.

**Барышников И. Ф.** и др. Пробоотбирание и анализ благородных металлов. — М.: Металлургия, 1978.

**Берри** и др. Минералогия. — М.: Мир, 1987.

**Бреполь Э.** Теория и практика ювелирного дела. — Л.: Машиностроение, 1982.

**Гутов Л. А.** Литье по выплавляемым моделям сплавов, золота и серебра. — Л.: Машиностроение, 1974.

**Епифанов В. И.** и др. Технология обработки алмазов в бриллианты. — М.: Высшая школа, 1987.

**Здорик Т. Б.** и др. Минералы и горные породы СССР. — М.: Мысль, 1970.

**Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н.** Геология месторождений поделочных камней. — М.: Недра, 1983.

**Константинов В. В.** Материаловедение для гальваников. — М.: Высшая школа, 1989.

**Корнилов Н. И., Солодова Ю. П.** Ювелирные камни. — М.: Недра, 1983.

**Лашко С. В., Лашко Н.Ф.** Пайка металлов. — М.: Машиностроение, 1989.

**Логинов В. Д.** Ювелирные товары и часы. — М.: Экономика, 1989.

**Малышев В. М., Румянцев Д. В.** Серебро. — М.: Металлургия, 1987.

**Марченков В. И.** Ювелирное дело. — М.: Высшая школа, 1984.

**Менчинская Т. И.** Бирюза. — М.: Недра, 1989.

**Митчелл Р. С.** Названия минералов. — М.: Мир, 1982.

**Паддефект Р.** Химия золота. — М.: Мир, 1982.

**Рид П. Дж.** Геммологический словарь. — Л.: Недра, 1986.

**Самсонов Я. П., Туринге А. П.** Самоцветы СССР. — М.: Недра, 1984.

**Селиванкин С. А.** и др. Технология ювелирного производства. — Л.: Машиностроение, 1978.

**Синкенкес Дж.** Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней. — М.: Мир, 1989.

**Скороходов Е. А.** Общетехнический справочник. — М.: Машиностроение, 1982.

**Спит Г.** Драгоценные камни. — М.: Мир, 1980.

**Солодова Ю. П.** и др. Определитель ювелирных и поделочных камней. — М.: Недра, 1985.

**Сребродольский Б. И.** Жемчуг. — М.: Наука, 1985.

**Телесов М. С., Ветров А. В.** Изготовление и ремонт ювелирных изделий. — М.: Легпромбытиздат, 1986.

**Улановский О. О.** Ручное и машинное гравирование. — Л.: Машиностроение, 1990.

**Флеров А. В.** Материаловедение и технология художественной обработки металлов. — М.: Высшая школа, 1981.

**Фракей Э.** Янтарь. — М.: Мир, 1990.

**Фрей К.** Минералогическая энциклопедия. — Л.: Недра, 1985.

**Шуман В.** Мир камня: в 2 т. — М.: Мир, 1986.

## ОГЛАВЛЕНИЕ


Введение . . . 3

ЧАСТЬ I. МАТЕРИАЛЫ . . . 4

*Глава 1.* **Металлы и сплавы** . . . 4
- 1.1. Черные металлы . . . 6
- 1.2. Цветные металлы и сплавы . . . 7
- 1.3. Драгоценные металлы . . . 11
- 1.4. Сплавы драгоценных металлов . . . 17
- 1.5. Пробы драгоценных металлов . . . 24

*Глава 2.* **Ювелирные камни** . . . 32
- 2.1. Классификация и свойства ювелирных камней . . . 32
- 2.2. Описание ювелирных камней . . . 44
- 2.3. Имитации ювелирных камней . . . 61

*Глава 3.* **Вспомогательные материалы** . . . 63
- 3.1. Кислоты . . . 63
- 3.2. Соли . . . 64
- 3.3. Огнеупорные материалы . . . 67
- 3.4. Смолоподобные вещества и фиксирующие пасты . . . 69

ЧАСТЬ II. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ . . . 70

*Глава 4.* **Ювелирные изделия** . . . 71
- 4.1. Классификация и ассортимент ювелирных изделий . . . 71

*Глава 5.* **Заготовительные операции** . . . 78
- 5.1. Плавка . . . 79
- 5.2. Прокатка и вальцовка . . . 86
- 5.3. Волочение . . . 91
- 5.4. Штамповка . . . 95
- 5.5. Термическая обработка . . . 97

*Глава 6.* **Монтировочные операции** . . . 99
- 6.1. Рабочее место ювелира . . . 99
- 6.2. Разметка . . . 102
- 6.3. Правка . . . 109
- 6.4. Пайка . . . 112
- 6.5. Отбеливание . . . 125
- 6.6. Опиливание . . . 126
- 6.7. Выпиливание лобзиком . . . 136
- 6.8. Сверление . . . 138
- 6.9. Шабрение . . . 142

*Глава 7.* **Изготовление ювелирных изделий** . . . 144
- 7.1. Изготовление кастов . . . 145
- 7.2. Изготовление верхушек и рантов . . . 159
- 7.3. Изготовление колец . . . 168
- 7.4. Изготовление серег . . . 179
- 7.5. Изготовление брошей и кулонов . . . 183
- 7.6. Литье ювелирных изделий . . . 188
- 7.7. Изготовление филигранных изделий . . . 194
- 7.8. Закрепка камней . . . 204
- 7.9. Дефекты изделий и их устранение . . . 217

*Глава 8.* **Отделка и художественная обработка ювелирных изделий** . . . 223
- 8.1. Полирование . . . 223
- 8.2. Фактуровка . . . 230

8.3. Чеканка . . . . . 231
8.4. Гравирование . . . . . 234
8.5. Эмалирование . . . . . 240
8.6. Чернение . . . . . 244
8.7. Оксидирование . . . . . 245
8.8. Гальванические покрытия . . . . . 247
*Глава 9.* **Организация труда и техника безопасности** . . . . . 250
9.1. Вопросы организации труда . . . . . 250
9.2. Безопасность труда . . . . . 252
Список литературы . . . . . 254

*Учебное издание*

**Марченков** Владимир Иванович

**ЮВЕЛИРНОЕ ДЕЛО**

Зав. редакцией ***Э. С. Котляр***. Редактор *Л. А. Савина*. Младший редактор *Ю. С. Сурова*. Художественный редактор *Е. Д. Косырева*. Технический редактор *В. М. Романова*. Корректор *Н. А. Кравченко*

ИБ № 9028

Изд. № НП-88. Сдано в набор 14.02.92. Подп. в печать 08.06.92. Формат $60\times90^1/_{16}$. Бум. офс. кн.-журн. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем 16,0 усл. печ. л. 16,5, усл. кр.-отт. 17,05, уч.-изд. л. Тираж 75 000 экз. Заказ № 700.

Издательство «Высшая школа». 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Ярославский полиграфкомбинат Министерства печати и информации Российской Федерации. 150049, Ярославль, ул. Свободы, 97.