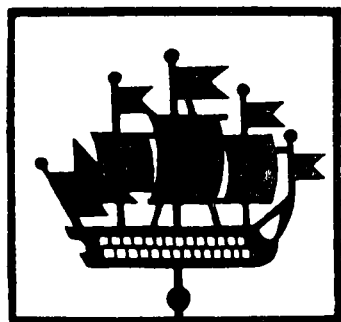


А. В. ФЛЕРОВ



ТЕХНОЛОГИЯ ХУДОЖЕСТ- ВЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

ДОПУЩЕНО
УПРАВЛЕНИЕМ КАДРОВ
И УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
МИНИСТЕРСТВА КУЛЬТУРЫ СССР
В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНИКА
ДЛЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ВУЗОВ
И ХУДОЖЕСТВЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫХ
УЧИЛИЩ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ



ШКОЛА» МОСКВА — 1968

А. В. Флеров. Технология художественной обработки металлов. Изд-во «Высшая школа», 1968, стр. 1—328.

Книга написана как учебник, в строгом соответствии с программой одноименного курса для высших художественно-промышленных учебных заведений, готовящих художников декоративно-прикладного искусства.

В ней описаны свойства металлов и сплавов, их художественные и технологические достоинства и недостатки, различные современные механические методы, а также приемы ручной художественной обработки металлов и изделий из них, применяемые художниками декоративно-прикладного искусства при изготовлении первого авторского образца промышленных изделий и уникальных произведений.

Кроме того, в книге имеются сведения о пробах и пробирном надзоре; здесь описаны также драгоценные камни и их заменители.

Книга издается впервые. Она рассчитана на широкий круг как профессиональных, так и самодеятельных художников декоративно-прикладного искусства, работающих в области художественного металла, а также мастеров ювелирного дела и народных промыслов.

Кроме того, ее могут использовать реставраторы при работах по восстановлению и консервации художественных памятников из черных, цветных и драгоценных металлов.

Рисунков 120; таблиц 31; библиографий 10.

Рецензенты:

Кафедра художественной обработки металла
Государственного художественного института Эстонской ССР.

Профессор **Ф. Я. Мишуков.**

Посвящается
светлой памяти профессора
Федора Яковлевича
Мишукова

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для успешной работы в современных условиях художник декоративного и прикладного искусства должен иметь не только художественную, но и специальную техническую подготовку и обладать достаточными инженерными знаниями.

Без определенного минимума научных знаний невозможно сейчас не только полноценное художественное творчество в условиях промышленности, но и нахождение для этого общего языка с инженерами и техниками.

Одной из областей научных знаний, необходимой художнику, работающему в промышленности, является технология металла с основами металловедения. Художник должен знать свойства металлов и сплавов, их художественные и технологические достоинства и недостатки, иметь ясное представление о различных современных механических методах их обработки, а также владеть определенным опытом и навыками ручной художественной обработки металлов и уметь применять их при изготовлении первого авторского образца промышленного изделия.

Овладение ручными приемами художественной обработки металлов (чеканкой, сканью, ювелирными работами и др.) особенно необходимо тем художникам, которые, в соответствии с постановлением Совета Министров РСФСР будут восстанавли-

вать и реставрировать художественные произведения, созданные в прошлые исторические эпохи.

Знание технологии поможет определить, каким приемом и из какого материала создан данный памятник, а без такого анализа подлинно художественная реставрация невозможна.

Настоящий учебник «Технология художественной обработки металлов» написан в соответствии с программой одноименного курса для высших художественно-промышленных учебных заведений, готовящих художников декоративно-прикладного искусства.

Курс «Технология художественной обработки металлов» является профилирующим для студентов, специализирующихся в области художественной обработки металла, так как его изучение облегчает усвоение других специальных дисциплин.

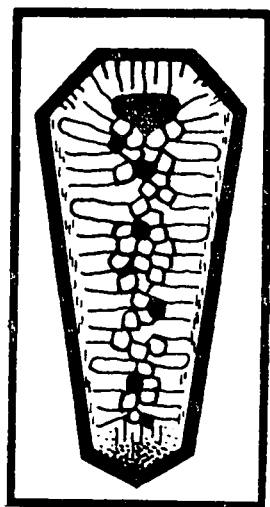
При создании учебника учитывалось, что студенты слушают курс параллельно с работой в учебных мастерских, где они знакомятся с основной технической терминологией и технологическими процессами, связанными с производством художественных изделий.

При подготовке рукописи к изданию учтены ценные советы и замечания профессора П. И. Георгиевского, а также сотрудников Московского Высшего художественно-промышленного училища (б. Строгановского) и Государственного художественного института Эстонской ССР, которым автор выражает глубокую признательность.

Замечания и пожелания, направленные на улучшение этого учебника, будут приняты автором с искренней благодарностью. Эти пожелания следует посылать в адрес издательства «Высшая школа».

Автор

РАЗДЕЛ I



**МЕТАЛЛО-
ВЕДЕНИЕ И
ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА**

Любой металл, если он отшлифован или отполирован, имеет вид сплошной однородной массы. Однако при внимательном изучении куска металла на изломе легко обнаружить, что его масса только кажется сплошной. При рассмотрении даже невооруженным глазом или при небольшом увеличении (в 10—30 раз) видна структура (строение) металлического слитка. Эта структура называется **макроструктурой** в отличие от **микроструктуры**, которая изучается при помощи специальных поляризационных микроскопов при увеличении до 2000 раз.

§ 1. СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Металлы. Все металлы состоят из множества отдельных зерен — кристаллов, плотно прилегающих друг к другу и крепко связанных между собой внутренними силами сцепления. Поэтому металлы относятся к кристаллическим телам.

Образование кристаллов, или кристаллизация металлов, обычно происходит при остывании жидкого расплавленного металла. Этот процесс протекает следующим образом: при охлаждении жидкого металла начинается его затвердение с образования центров кристаллизации, в которых атомы металла располагаются в определенном порядке, образуя кристалл, имеющий правильную форму геометрических фигур — куба, призмы и др.

Однако в процессе кристаллизации металлов одновременно возникает много центров кристаллизации и полногранных кристаллов не образуется или образуется очень мало, так как кри-

сталлизация происходит несвободно и соседние кристаллы мешают друг другу развиваться правильно. В результате наружные очертания кристаллов не получают геометрических форм — их углы закругляются, сдавливаются, и такие кристаллы называются зернами или кристаллитами.

Чем быстрее металл остывает, тем больше возникает центров кристаллизации и тем мельче образовавшиеся кристаллиты. Размеры зерен металлов очень различны — от нескольких сантиметров в литом, медленно охлажденном металле, до тысячных долей миллиметра в быстро охлажденном и механически обработанном металле.

При изучении строения слитка на его продольном разрезе видно, что он неоднороден. Кристаллы, расположенные в различных участках слитка, имеют неодинаковые размеры и форму. В связи с особенностями остывания слитка различают три зоны кристаллизации (рис. 1):

1) с поверхности слитка так называемая корка образована из очень мелких как бы сливающихся зерен благодаря быстрому охлаждению металла стенками изложницы;

2) под корковой зоной расположены столбчатые кристаллы, которые имеют вытянутую форму и анизотропные свойства. В этой области часто возникают трещины от внутренних напряжений;

3) центральную часть слитка занимают равноосные кристаллы.

Слиток — неоднородное тело и вследствие этого он может иметь существенные дефекты, влияющие на дальнейшую обработку и использование металла.

Форма и размеры кристаллов зависят не только от условий, при которых происходит их образование, но и от последующей обработки металла. Если литой металл с сравнительно крупными зернами подвергнуть механической обработке — ковке, штамповке, прокатке, чеканке и т. п., то структура металла изменится, произойдет измельчение зерен. Крупные кристаллы раздробятся на множество мелких, изменится их форма — они станут сплюснутыми или вытянутыми в зависимости от направления действия приложенной силы.

С изменением размеров, формы, расположения кристаллов

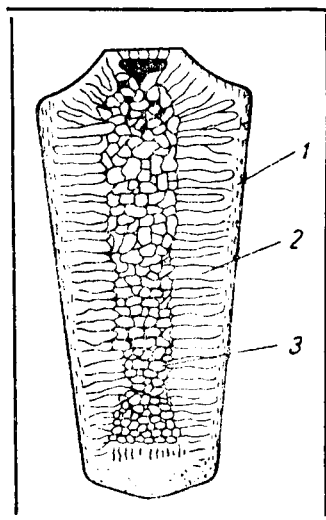


Рис. 1. Разрез слитка:

1 — корка из мелких кристаллов; 2 — зона столбчатых кристаллов; 3 — зона равноосных кристаллов

изменяются и механические свойства металлов. Они становятся более твердыми, хрупкими, упругими, утрачивается пластичность и вязкость.

Путем длительной механической обработки, например, чеканкой, вызывающей измельчение кристаллов, можно довести металл до такого состояния, что он из пластичного и мягкого станет жестким, хрупким, легко разрушающимся при дальнейшей деформации. Такой металл называется нагартованным или получившим наклеп.

Если нагартованный металл нагреть до определенной температуры, то структура его вновь изменится, мелкие зерна исчезнут и вместо них появятся более крупные, но уже не такие, как в литом металле. Размеры зерен будут более или менее одинаковые по всем направлениям. Такую структуру называют равноосной.

При равноосной структуре металла его свойства не зависят от направления. Эти металлы, так же, как и аморфные тела (стекло, пластмассы), жидкие вещества называются изотропными. Если металл подвергнут механической обработке, например, прокатке, то расположение кристаллов и их форма (сплюснутая и вытянутая) определяют анизотропность этой структуры. Свойства такого металла зависят от направления, т. е. его прочность и пластичность в различных направлениях неодинаковы. Например, прочность медной ленты или полосы будет различна в зависимости от того, вдоль или поперек полосы проводится испытание.

Сплавы. Чистые металлы в изделиях художественной промышленности применяются редко, обычно применяются их сплавы. Сплавы обладают самыми разнообразными свойствами. Зная теорию сплавов, можно составлять такие сплавы, которые обладают теми или иными желаемыми свойствами.

Под чистыми металлами понимают химически простое вещество, например, железо, медь, олово, серебро и т. п. Однако получение абсолютно чистых металлов сопряжено с большими трудностями. Например, получить железо, совершенно свободное от примесей — серы и углерода, до сих пор невозможно. Даже наиболее чистое железо содержит тысячные доли углерода и серы. В художественной промышленности оно совершенно не применяется из-за трудности получения и высокой стоимости его. В то же время сплавы на железной основе — сталь и чугун применяются здесь чрезвычайно широко.

Почти то же можно сказать и о меди. Даже в самой чистой меди всегда присутствуют примеси мышьяка, висмута, сурьмы, железа и других веществ, от которых освободиться чрезвычайно трудно. В чистом виде медь применяется гораздо реже, чем ее сплавы — латунь и бронза. Это объясняется тем, что эти сплавы обладают важными свойствами, которых нет у чистой меди.

Сплавы образуются путем соединения металлов с металлами или металлов с металлоидами. Например, при соединениях меди с цинком образуется латунь, алюминия с кремнием — силумин.

Сплавы можно получить из двух или нескольких компонентов, соединяя их вместе. Обычно сплавы получают методом сплавления металлов — это наиболее древний способ, известный человечеству еще с доисторических времен. Известно также, что уже в древнем Египте и Китае за четыре тысячи лет до нашей эры выплавляли металл из полиметаллических руд и полученными природными сплавами (например, бронзой) пользовались для производства различных предметов, в том числе и художественных изделий.

На рис. 2 изображена бронзовая пластинка с головой медведя (скифский период). Наши предки много веков тому назад умели сплавлять золото с серебром, получая сплав электрум, применявший ими для выделки художественных сосудов — кубков, ваз и т. п.

В настоящее время разработаны новые способы получения сплавов, например, прессованием и спеканием из смеси металлических порошков, а также путем электролиза или конденсации из паров металлов.

В настоящее время сплавы из двух компонентов применяются сравнительно редко. Это объясняется тем, что двойные сплавы имеют недостаточно высокие механические свойства, а поэтому в технике и художественной промышленности в большинстве случаев применяются сплавы более сложного строения — тройные, четверные и т. д. Добавка третьего или четвертого компонента к двойным сплавам существенно изменяет их свойства, особенно в тех случаях, если новый компонент может вызвать образование химического соединения и тем самым резко изменить кристаллическую решетку.



Рис. 2. Литая бронзовая пластинка с головой медведя (скифский период)

§ 2. СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Свойства металлов и сплавов делятся на следующие группы:

- 1) физические;
- 2) механические;
- 3) технологические;
- 4) химические.

Физические свойства

Цвет и блеск. Эти два свойства обуславливают в основном внешний вид металла и являются чрезвычайно существенными для художника. Этими свойствами характеризуются художественно-эстетические достоинства металлов как материалов, из которых создаются произведения искусства.

Каждый металл или сплав обладает определенным присущим ему цветом. Однако большинство из них имеет довольно однообразную гамму серовато-белых, серебристых тонов, то более теплых, то холодных. Исключение составляют два металла: золото, имеющее насыщенный желтый цвет, и медь, отличающаяся сильным оранжево-красным цветом. Добавка этих металлов в сплавы придает им желтые и красные оттенки. В табл. 1 приведены цвета наиболее распространенных в художественной промышленности металлов и сплавов.

Таблица 1

Металлы и сплавы	Цвет
Чистое золото	Желтый
Низкопробное золото	Желто-красный
Сплав золота с серебром	Желто-зеленый
Медь	Красный
Томпак	Красно-желтый
Латунь	Желто-зеленый
Бронза	Желто-красный
Чистое серебро	Белый
Низкопробное серебро	Серо-белый
Никель	Серый теплый
Хром	Холодный серый
Алюминий	Тусклый серый
Литейный чугун	Серовато-черный
Зеркальный чугун	Серовато-белый

Часто готовые художественные изделия, выполненные из одних металлов, покрывают тонким слоем других более эффектных по цвету или блеску металлов: например, золочение се-

ребра и бронзы, хромирование и никелирование стали, серебряные меди и латуни и т. п.

Иногда для обогащения цвета применяют не сам металл, а его окислы или другие химические соединения. Такой прием носит название оксидирования, или патинирования. Этим способом можно получить очень разнообразные по силе и яркости тона и значительно расширить цветовую палитру художника-металлиста. Оксидирование позволяет получить различные оттенки желтых, зеленых, синих, голубых, фиолетовых, красных, коричневых, черных цветов, весьма прочных и стойких против внешних условий.

Удельный вес. Этим термином обозначается вес одного кубического сантиметра металла, выраженный в граммах. По удельному весу все металлы разделяются на легкие и тяжелые.

Легкими принято называть металлы с удельным весом до 3, а тяжелыми — с удельным весом от 6 и выше. В табл. 2 приведены удельные веса металлов, наиболее часто применяемых в художественных изделиях.

Таблица 2

Металлы	Удельный вес	Металлы	Удельный вес
Магний	1,74	Никель	8,8
Алюминий	2,7	Медь	8,94
Сурьма	6,7	Серебро	10,53
Хром	7,10	Свинец	11,34
Цинк	7,14	Ртуть	13,6
Олово	7,3	Золото	19,32
Марганец	7,44	Платина	21,37
Железо	7,87	Осмий	22,5
		Иридий	22,4

Величина удельного веса имеет иногда существенное значение в изделиях художественной промышленности.

Плавокость, или температура плавления. Температуры плавления металлов и их сплавов находятся в огромных пределах. Например, некоторые легкоплавкие сплавы (сплав Вуда) плавятся уже при температуре 60°, а наиболее тугоплавкий из металлов — вольфрам плавится только при 3380°. Ртуть является примером металла, который при комнатной температуре находится в жидком состоянии. Она плавится при температуре минус 39°.

По температурам плавления все металлы разделяются на легкоплавкие (температура плавления не превышает 700°) и тугоплавкие — свыше 900°.

В табл. 3 приведена температура плавления некоторых металлов, выраженная в градусах Цельсия.

Таблица 3

Металлы	Температура плавления, °С	Металлы	Температура плавления, °С
Ртуть	—39	Золото	1063
Олово	232	Медь	1083
Свинец	327	Никель	1455
Цинк	419	Железо	1535
Магний	650	Хром	1615
Алюминий	660	Платина	1769
Серебро	960	Вольфрам	3380

Как видно из табл. 3, к легкоплавким металлам относятся: олово, свинец, цинк, кадмий, сурьма, алюминий, магний и их сплавы.

Легкоплавкие металлы идут для приготовления легкоплавких сплавов и мягких припоев.

К тугоплавким металлам относятся: серебро, золото, платина, медь, никель, марганец, железо, хром, вольфрам и др.

Механические свойства

Механические свойства имеют большое значение при конструировании и производстве изделий художественной промышленности. К ним относятся:

Прочность, или крепость—это свойство металлов выдерживать различные нагрузки, не разрушаясь. Прочность — одно из важных свойств металлов. При проектировании художественных изделий выбор металлов и сплавов осуществляется с учетом их прочности.

Для точного определения и измерения прочности из металла или сплава изготавливают образец и подвергают его испытанию на специальной разрывной машине, которая постепенно, но с возрастающей силой растягивает образец до полного его разрыва.

Наибольшее напряжение, которое может выдержать образец металла, не разрушаясь, называется **пределом прочности** для данного металла или временным сопротивлением разрыву.

Упругость—свойство металла принимать свою первоначальную форму после снятия нагрузки. При постепенном увеличении нагрузки на образец во время испытания его на разрывной машине он сначала вытягивается упруго, как резина или пружина. Если нагрузку снять, то образец снова сократится и примет свою первоначальную длину. Наибольшее напряжение металла, после которого он возвращается к своей первоначальной длине, называется **пределом упругости**.

При дальнейшем повышении нагрузки напряжение превышает предел упругости и удлинение сохраняется после разгрузки об-

разца. Такое состояние носит название остаточного удлинения. Затем наступает предел текучести, при котором образец продолжает удлиняться без увеличения нагрузки — в этом случае металл «течет». Такая способность к текучести используется в штамповочном производстве, особенно при глубокой вытяжке.

Наибольшей упругостью обладает хромоникелевая закаленная сталь. Алюминий и медь совершенно не обладают упругостью — даже при незначительной нагрузке они образуют остаточное удлинение, а не упругое.

Пластичность — свойство металла изменять свою форму под действием силы, не проявляя признаков разрушения (трещин, разрывов и т. п.), и сохранять полученную форму после снятия нагрузки. Это свойство также определяется и измеряется на разрывной машине.

Пластичность металла характеризуется удлинением образца за время испытания. Для определения степени пластичности пользуются следующим приемом: после разрыва образца складывают его части и измеряют общую их длину. Отношение приращения длины к его первоначальной длине, выраженное в процентах, является показателем пластичности металла и называется относительным удлинением. Это свойство металлов имеет большое значение в давальном и штамповочном производстве, а также при дифовке, чеканке, прокатке и волочении. Высокой пластичностью обладают драгоценные металлы — золото, серебро, платина и их сплавы; не менее пластичны медь и свинец. Почти совершенно отсутствует это свойство у чугуна, сурьмы и некоторых других металлов.

Твердость — свойство металлов сопротивляться проникновению в них другого тела под действием внешней нагрузки. От этого свойства зависит возможность обработки металлов тем или иным инструментом. Например, при обработке резанием на станках важно знать твердость обрабатываемого металла, чтобы подобрать соответствующий резец, сверло или фрезу.

Для определения твердости существует несколько способов и специальных приборов. Наиболее распространенные и общепринятые следующие:

Способ Бринелля. Определение твердости по этому способу заключается в том, что в испытуемый металл при помощи специального пресса вдавливаются определенной нагрузкой стальной закаленный шарик. От давления шарика на металле образуется лунка, отпечаток. Чем мягче металл, тем диаметр лунки больше. Диаметр лунки определяется мерительной лупой, а затем в специальной таблице находят число твердости по Бринеллю.

В табл. 4 приведены числа твердости по Бринеллю для некоторых металлов.

Способ Роквелла. Определение твердости по этому способу производится тоже путем вдавливания в металл алмазной

Таблица 4

Металл	Твердость по Бринеллю	Металл	Твердость по Бринеллю
Свинец	4	Медь	35
Олово	5	Сталь малоуглеродистая	100
Алюминий	20	Хромоникелевая сталь	269
Цинк	30		

призмы или стального шарика, но отсчет ведется не по площади, а по разнице глубины отпечатка между глубиной от стандартной нагрузки, равной 10 кг, и заданной.

Измерение производится специальным прибором — индикатором, и число твердости показывает сам прибор.

С п о с о б Ш о р а. Измерение по этому способу производится при помощи специального прибора — склероскопа. При этом стальной боек падает на испытуемый металл с определенной высоты. Твердость металла характеризуется высотой, на которую отскакивает боек. Чем тверже металл, тем больше высота отскока. Этот способ удобен тем, что он не портит поверхности и может применяться к готовым изделиям художественной промышленности.

В ы н о с л и в о с т ь — свойство металлов выдерживать, не разрушаясь, большое количество повторяющихся переменных нагрузок.

Все механические свойства значительно изменяются в зависимости от температурных условий. Так, например, прочность всех металлов при нагреве понижается, а пластичность в большинстве случаев увеличивается.

Изменение свойств металлов в условиях пониженных температур изучено еще недостаточно. Однако хорошо известно, что на холоде у некоторых металлов резко падает пластичность и они становятся хрупкими. С этой точки зрения все металлы делятся на три группы:

х л а д о л о м к и е — сталь некоторых марок, цинк и его сплавы;

н е х л а д о л о м к и е — медь, алюминий;

х р у п к и е — металлы, обладающие хрупкостью и при нормальных условиях, например, серый чугун.

Технологические свойства

При выборе металла или сплава для производства художественных изделий, кроме физических и механических свойств, учитывают и технологические свойства, т. е. способность металлов

обрабатываться различными приемами и методами без особых затруднений.

Наиболее существенными являются следующие свойства:

Жидкотекучесть — свойство, обеспечивающее хорошее заполнение формы расплавленным металлом. Величина жидкотекучести зависит от атомного веса, температуры плавления, степени поверхностного натяжения и других показателей.

Металлы и сплавы, обладающие высокой жидкотекучестью, позволяют получать высокохудожественные отливки. Они легко заполняют мельчайшие детали форм и хорошо передают все детали модели, включая и фактуру поверхности. Хорошей жидкотекучестью обладают следующие металлы и сплавы: цинк и его сплавы, чугун, бронза, олово, силумин (сплав алюминия с кремнием), а также некоторые магниевые сплавы и литейные латуни.

Существует понятие, обратное жидкотекучести — **густоплавкость**. Металлы и сплавы, обладающие густоплавкостью, даже при высоком нагреве остаются густыми и при заливке форм плохо их заполняют. К густоплавким относятся: чистое серебро, красная медь, сталь.

Литейная усадка — уменьшение объема при переходе из жидкого состояния в твердое. При охлаждении металла отливка сокращается и как бы отходит от стенок формы. Отливка всегда меньше модели, по которой сделана форма. Величина усадки бывает различной. Металлы и сплавы с большой усадкой менее применимы для литья.

Таблица 5

Литейные усадки некоторых металлов и сплавов

Металлы	Усадка при литье, %	
	в землю	в кокиль
Олово	0,2—0,3	0,6—0,7
Свинец	0,8	0,9—1,0
Серый чугун	1,0	—
Цинк	1,1—1,2	1,6—1,7
Силумин	1,1—1,2	1,2—1,9
Фосфористая бронза	1,3—1,4	1,4—1,5
Алюминиевая бронза	1,4—1,5	2,1—2,2
Художественная бронза	1,5	—
Магний	1,5	1,7—1,9
Алюминий	1,6	1,8—1,9
Медь	1,8—1,9	2,0—2,1
Томпак	2,0—2,1	2,1—2,2
Нейзильбер	2,0—2,1	2,2—2,3
Никель	2,0—2,1	1,7—1,8
Сталь	—	2

Зная величину литейной усадки, можно определить, насколько больше следует изготовить форму, чтобы получить отливку нужного размера.

Ковкость — свойство металла изменять свою форму под действием ударов или давления, не разрушаясь. Степень ковкости зависит от многих параметров. Наиболее существенными из них являются следующие: пластичность, степень нагрева, величина деформирующего усилия, наличие примесей и др.

Металлы могут коваться как в холодном состоянии, например, красная медь, золото, так и в горячем — например, сталь. Это свойство широко используется при изготовлении художественных кованных изделий из малоуглеродистой стали (ранее называемой ковочным железом). Малоуглеродистая сталь, раскаленная до красна, становится настолько пластичной и мягкой, что из нее можно изготавливать художественные изделия самой разнообразной сложной формы.

Свариваемость — способность металла прочно соединяться путем местного нагрева и расплавления свариваемых кромок изделия. Чистые металлы свариваются легче, а сплавы труднее. Легко свариваются изделия из малоуглеродистой стали. Чем выше процент содержания углерода в стали, тем свариваемость ее хуже. Наиболее затруднительной считается сварка высокоуглеродистых легированных сталей и особенно чугуна.

Спекание — свойство, в результате которого образуются металлокерамика. При этом металлы, предварительно измельченные в порошок, смешиваются, запрессовываются в специальные формы и подвергаются действию высокой температуры и давления до спекания. Различные металлы спекаются неодинаково — одни лучше, другие хуже. Способом спекания сейчас производят особо твердые стойкие сплавы, например, победит, который применяется при изготовлении режущих инструментов.

Обрабатываемость резанием на различных станках (токарном, фрезерном и пр.), а также способность шлифоваться и полироваться — это свойства, играющие существенную роль в производстве художественных изделий и особенно в отделке (полировании). Хорошо режутся бронзы, латуни и некоторые марки сталей, алюминия и чугуна. Особенно плохо обрабатываются на станках детали из красной меди и из свинца и его сплавов.

Химические свойства

Из химических свойств металлов практически наиболее важными в производстве изделий художественной промышленности являются растворение и окисление.

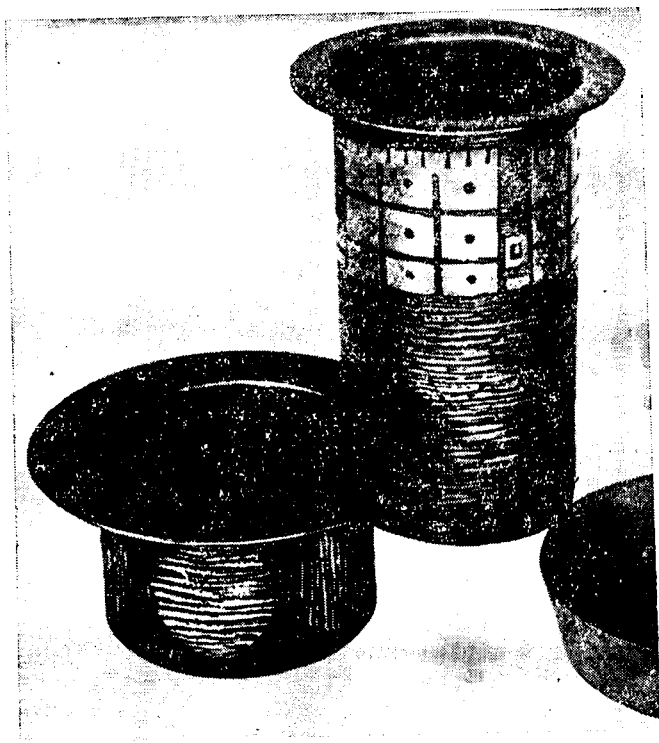


Рис. 3. Вазы из алюминия, обработанные травлением
(художник Л. Линакс)

Растворение (или разъедание) — это способность металлов и сплавов растворяться в соприкасающихся с ними жидкостях — сильных кислотах и едких щелочах. Наиболее часто в производствах употребляются серная, азотная и соляная кислоты, а также смесь азотной и соляной кислот, называемая «царской водкой», а из щелочей — едкий натрий и едкий калий.

Свойство металлов растворяться имеет очень широкое применение в самых различных областях производства художественных изделий из металла. При этом следует различать случаи, когда растворение носит частичный характер и ограничивается только поверхностным слоем металла, а также случаи полного растворения металла и перехода его в раствор. Примерами частичного растворения с поверхности являются:

- а) травление изделий в кислотах для получения чистой поверхности или узора (рис. 3);
- б) травление медных досок при изготовлении офорта и т. п.

Примерами полного растворения металла являются:

- а) растворение цинка в соляной кислоте для приготовления хлористого цинка, употребляемого в качестве флюса при пайке;
- б) растворение серебра в азотной кислоте при приготовлении азотно-кислого серебра и т. п.

Окисление — способность металлов соединяться с кислородом и образовывать окислы металлов. При окислении вес металла увеличивается на вес кислорода, который с ним соединяется. Обычно почти все металлы и сплавы покрыты с поверхности тонкой оксидной (или окисной) пленкой, представляющей собой тончайший слой, состоящий из окислов.

Скорость образования такой пленки на поверхности изделия из различных металлов неодинакова. Например, магний и алюминий окисляются особенно быстро, бронза и латунь значительно медленнее, а изделия из золота и платины совсем не окисляются.

Особенно быстро окисление происходит при нагреве до высоких температур. В этом случае на поверхности металла быстро образуется более толстый слой, состоящий из окислов, который называется окалиной. Чем выше нагрев и больше доступ воздуха к нагреваемому изделию, тем толще слой образующейся окарины. Если металл нагревать в условиях избытка воздуха или кислорода, то весь металл может превратиться в окалину.

В одних случаях способность металлов к окислению и образование на их поверхности оксидной пленки является желательным, так как такая пленка предохраняет изделие от дальнейшего окисления металла в глубину и носит название защитной пленки. Таковы окисные пленки на изделиях из алюминиевых сплавов.

В других случаях образование окислов на поверхности металлов является нежелательным, например, трудности пайки и сварки алюминиевых изделий обусловлены быстрым образованием очень прочной окисной пленки, которая препятствует соприкосновению припоя с чистой поверхностью металла. Очень нежелательно и образование окарины на стальных изделиях в процессе их закалки, которая появляется даже при содержании кислорода в атмосфере, не превышающем 0,2%.

§ 3. СУЩНОСТЬ КОРРОЗИИ

Слово коррозия происходит от латинского термина *corrumpere* — разрушаться и означает разрушение металлов. Этот процесс по своей природе чрезвычайно сложен. Различают два типа коррозии: химическая и электрохимическая.

Химическая коррозия определяется чисто химическими процессами и главным образом окислением. Даже в среде сухого воздуха при комнатной температуре в результате воздействия кислорода воздуха на поверхности металлоизделий появляется тонкий слой окисла — окисная пленка, представляющая собой пример химической коррозии. При нагреве металла окисление усиливается. Окалина, образующаяся на раскаленной поверхности металла, также относится к явлению химической коррозии.

Электрохимическая коррозия в отличие от химической возникает при наличии физико-химической неоднородности металлов, в присутствии жидкости, способной проводить электрический ток.

Эти два типа коррозии не всегда можно разграничить, так как в воздухе всегда присутствует влага в виде водяных паров, которые легко конденсируются на поверхности изделия, и химическая коррозия переходит в электрохимическую.

Процессы, протекающие при электрохимической коррозии, сходны с явлениями, происходящими в гальваническом элементе. Для того чтобы началась электрохимическая коррозия, необходимы следующие условия:

наличие двух разнородных металлов;
 контакт между ними;
 присутствие электролита.

Электролитом называется водный раствор солей, кислот или щелочей. Особенность таких растворов заключается в том, что молекулы солей, кислот или щелочей, растворяясь в воде, подвергаются электролитической диссоциации, т. е. распадаются на ионы, несущие положительные и отрицательные заряды.

В природе вода всегда содержит в растворенном состоянии те или иные химические вещества и является электролитом (только дистиллированная вода не может служить электролитом).

Установлено, что металлы обладают различной химической активностью, которая характеризуется электродным потенциалом, измеренным относительно водорода (потенциал которого условно принят равным нулю).

В табл. 6 приведены электродные потенциалы металлов, наиболее часто употребляемых в художественных изделиях. Такое последовательное расположение металлов в соответствии с их электродным потенциалом носит название электрохимический ряд напряжений.

Таблица 6

Металлы	Электродный потенциал	Металлы	Электродный потенциал
Калий	-2,92	Кобальт	-0,27
Натрий	-2,73	Никель	-0,25
Магний	-1,55	Олово	-0,14
Алюминий	-1,32	Свинец	-0,13
Марганец	-1,10	Водород	0
Цинк	-0,76	Сурьма	+0,20
Хром	-0,51	Медь	+0,34
Железо	-0,44	Серебро	+0,81
Кадмий	-0,40	Ртуть	+0,86
		Золото	+1,50

Каждые два металла образуют гальваническую пару; при этом электродвижущая сила у них тем больше, чем дальше в ряду электрохимических напряжений стоят друг от друга взятые металлы. Это происходит потому, что электродвижущая сила равна разности потенциалов обоих металлов.

Например, если взять медь и железо, то разность их потенциалов равна $0,34 - (-0,44) = 0,78$; а пара железо — цинк соответственно $-0,44 - (-0,76) = 0,32$. Следовательно, коррозия в первом случае будет протекать интенсивнее, чем во втором, примерно в два с лишним раза. Причем в первом случае разрушится железо, а во втором случае цинк.

Металл, который в паре имеет относительно меньший электродный потенциал и, следовательно, подвергается коррозии, называется анодом, а металл, обладающий относительно большим потенциалом, — катодом. Так, например, в первой паре медь — железо анодом является железо, а во второй паре железо — цинк анодом является цинк.

Кроме величины разности потенциалов, на скорость коррозии влияет температура. С повышением температуры интенсивность коррозии увеличивается. Кроме того, на скорость коррозии влияет и концентрация электролита — чем выше концентрация, тем скорость больше. Наоборот, коррозия замедляется благодаря поляризации электродов, которая представляет собой скопление ионов анодного металла вблизи анода. Такое скопление ионов затрудняет доступ электролита к аноду и ослабляет его растворение. Это приводит к уменьшению электродвижущей силы, а следовательно, и замедлению коррозии.

По форме различают следующие виды коррозии:

Равномерная коррозия, которая возникает в тех случаях, когда потенциалы зерен металла очень мало разнятся между собой или одинаковы. Равномерная коррозия неопасна, так как происходит только поверхностное разрушение металла и образование оксидных пленок, состоящих из окислов металла и препятствующих распространению коррозии вглубь.

Равномерная коррозия относится к химической коррозии; примером может служить образование защитных оксидных пленок на алюминии.

Местная коррозия, которая наблюдается у сплавов с разными потенциалами зерен.

Все сплавы состоят из зерен двух или нескольких металлов. Но, как уже отмечалось, и в чистых металлах, за исключением самых высоких марок, всегда присутствуют примеси. Поэтому поверхность почти любого металлического изделия, если на него попадает вода (электролит), представляет собой как бы многоэлектродный элемент, в котором одни из зерен служат анодами, а другие катодами. Примером такого сплава является латунь. В образовавшейся гальванопаре зерна различных металлов или растворов подвергаются разрушению и растворению. Появляются пустоты, в них вновь проникает электролит и процесс идет в глубину, латунное изделие нацело разрушается.

Интеркристаллическая коррозия — наиболее опасная форма. Она возникает в тех случаях, когда различные части зерен, образующих сплавы, имеют неодинаковый потенциал. Например, грани зерен имеют меньший потенциал, чем центральные части зерен. В этом случае процесс коррозии протекает внутри зерен, причем разрушается их периферийная часть. Такой вид коррозии встречается иногда в алюминиевых сплавах и в

хромоникелевых сталях при нарушении технологических норм их производства и термической обработки.

Растрескивающаяся коррозия, возникающая в деформированных металлах и являющаяся результатом образования гальванопары нагартованными и ненагартованными участками одного и того же металла или сплава.

Нагартованные участки обладают меньшим потенциалом по сравнению с недеформированными участками. Поэтому они становятся анодами и разрушаются. Кроме того, в деформированных изделиях всегда имеются внутренние напряжения, которые, действуя совместно с процессами коррозии, обуславливают образование трещин и разрывов. Например, клепаные изделия, в которых заклепки сделаны из того же металла, что и само изделие, все же подвергаются электрохимической коррозии; причем заклепки, как наиболее нагартованные, становятся анодом и разрушаются.

§ 4. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТ КОРРОЗИИ

Ежегодно от коррозии разрушается огромное количество металла, достигающее до 40% всей добычи. Художественные изделия и особенно архитектурные детали из металла получают от коррозии огромный вред. Для предупреждения коррозии применяют различные методы защиты. Очень большое значение имеет борьба с коррозией в деле охраны и реставрации высокохудожественных памятников искусства — статуй, барельефов, металлического декора архитектуры, оград, ворот и т. п.

Для защиты от коррозии художественных изделий из металла применяют следующие методы:

- 1) рациональное конструирование;
- 2) устранение возможности коррозии при производстве, транспортировке и хранении;
- 3) технологические методы защиты от коррозии.

Рациональное конструирование. При проектировании художественных изделий из металла целесообразно разрабатывать конструкцию в таком направлении, чтобы возможность электрохимической коррозии исключалась. Для осуществления этой задачи необходимо следующее:

- подбор металлов с близкими потенциалами;
- устройство соответствующих прокладок между деталями из металлов с различными электродными потенциалами, исключая возможность контакта;

конструирование таких форм, в которых не может задерживаться влага (электролит).

При конструировании художественных изделий из металла следует также учитывать, что вода, вытекающая из металлических изделий, содержит в растворенном виде продукты коррозии, которые, попадая на оштукатуренные или каменные пористые поверхности, впитываются и образуют грязные пятна. Например, на мемориальных досках, постаментах памятников из-под бронзовых барельефов или накладных литых букв вытекает грязная вода и на мраморе появляются серые полосы и подтеки.

Еще резче выделяются на белых фасадах зданий желтые и ржавые пятна, образующиеся на штукатурке стен вблизи железных водосточных труб, вокруг стальных или чугунных флагодержателей.

Устранение возможности коррозии при производстве, транспортировке и хранении. Появление коррозии на изделиях художественной промышленности часто обусловлено недостатками, возникающими в технологии производства, или нарушением технологических процессов. Например, в литейных цехах причиной появления коррозии может служить загрязненность формовочных смесей, недостаточность очистки от формовочной земли, несвоевременность сушки при водяной очистке и т. п. В механических цехах коррозия может возникнуть при неправильном подборе охлаждающих эмульсий или смазок.

Очень важно тщательно очищать изделия от остатков флюса после пайки или сварки, так как флюсы в большинстве случаев имеют кислую реакцию и разъедают металлы. По своей природе сварной или паяный шов представляет собой гальванопару с металлом изделия и при наличии следов флюса, играющего здесь роль электролита, возникновение электрохимической коррозии неизбежно.

Лучше всего противостоят коррозии полированные изделия, поэтому в отделочных цехах необходимо следить, чтобы на гладких поверхностях художественных деталей не оставалось царапин, трещин и других дефектов.

При транспортировке и хранении готовых художественных изделий из металла следует принимать профилактические меры, направленные против возможности возникновения коррозии. Для стальных изделий, а также изделий, изготовленных из алюминиевых и магниевых сплавов, применяют защитные смазки, имеющие нейтральную реакцию (не содержащие свободной кислоты). Все виды изделий хранят в сухих помещениях или применяют водонепроницаемую тару, так как от воды корродируют не только черные, но и цветные металлы.

Технологические методы защиты от коррозии. При производстве художественных изделий из металла технологические методы защиты от коррозии неразрывно связаны с декоративной отделкой изделий. Как правило, в художественной промышленности применяются только такие технологические методы борь-

бы с коррозией, которые одновременно являются и декоративной отделкой. Поэтому благодаря применению того или иного приема защиты от коррозии художественные изделия не только не теряют своего внешнего вида, а, напротив, приобретают новые художественные качества — цвет, блеск и т. п.

Основными технологическими методами защиты художественных изделий от коррозии являются:

а) л е г и р о в а н и е — введение в корродирующие металлы и сплавы при их производстве дополнительных элементов, сообщающих всему сплаву стойкость против коррозии, например, хромоникелевые стали (нержавеющие стали);

б) о к с и д и р о в а н и е — искусственное образование химическим путем на поверхности изделий стойких пленок, защищающих их от коррозии (см. § 54);

в) м е т а л л и ч е с к и е п о к р ы т и я — способ, когда сплавы и металлы, менее стойкие против коррозии, закрывают более стойкими и, кроме того, обычно более декоративными, например, хромирование, никелирование, золочение и др. (см. § 49, 50 и 58);

г) н е м е т а л л и ч е с к и е п о к р ы т и я изолируют металлические изделия от внешней среды и тем препятствуют возникновению и развитию коррозии (см. § 52 и 53).

Под термической обработкой понимают тепловое воздействие на металлы, которое вызывает изменение структуры и свойств металлов. Объясняется это тем, что в металлах происходит явление, носящее название вторичной кристаллизации, т. е. изменение кристаллической структуры металлов в твердом состоянии. В практике очень часто прибегают к термической обработке металлов.

Различают следующие виды термической обработки:

- 1) отжиг;
- 2) нормализацию;
- 3) закалку;
- 4) отпуск;
- 5) химико-термическую обработку.

§ 5. ОТЖИГ И НОРМАЛИЗАЦИЯ

При различной механической обработке в металлах и сплавах возникают внутренние напряжения. В одних частях металлы при производстве из них изделий претерпевают сжатие, в других растяжение, изгибы, смятие и т. п. В результате всех этих деформаций в металлах возникают процессы, относящиеся к области их кристаллического строения — перемещение атомов внутри кристаллов и даже перескок атомов с одного кристалла на другой.

Для того чтобы восстановить структуру, уменьшить искажение в кристаллических решетках, придать ей вновь устойчивое

равновесное состояние, одинаковое для всего изделия, применяется отжиг — нагрев изделия до определенной температуры и медленное охлаждение.

Как известно, подвижность атомов, скорость их движения зависит от температуры. Поэтому при нагреве металла ускоряется движение атомов и облегчается обратный перескок их с кристалла на кристалл. Из обломков деформированных зерен возникают новые зерна с неискаженной кристаллической решеткой, образуется новая равномерная структура. Этот процесс называется рекристаллизацией.

Для каждого металла или сплава начало образования и роста новых зерен, т. е. начало процесса рекристаллизации связано с определенной температурой, которая называется температурой начала рекристаллизации.

Академик А. А. Бочвар установил зависимость между температурой плавления чистых металлов и температурой начала рекристаллизации. Он определил, что величина температуры рекристаллизации приблизительно равна 0,4 от величины температуры плавления (взятой по абсолютной шкале)*.

Ниже приведены температуры начала рекристаллизации для некоторых металлов:

олово	— 80°
свинец	— 30°
цинк	0°
алюминий	+100°
медь	+280°
железо	+450°
никель	+530°

Из практики известно, что легкоплавкие металлы — олово, свинец, цинк — не подвержены наклепу — при механических обработках они не гартуются. Это объясняется тем, что для их рекристаллизации вполне достаточно комнатной температуры.

Приведенные здесь величины температур относятся к началу рекристаллизации, и при этих температурах процесс протекает очень медленно. Обычно для отжига металлов температуры берут выше. Увеличение температур отжига в небольших пределах оказывает положительное действие на процесс рекристаллизации — он ускоряется, создается равномерная структура, выравнивается состав, снимаются внутренние напряжения и т. п. Однако при значительном увеличении температуры наблюдаются вредные явления — перегрев, а при дальнейшем нагревании — пережог.

Перегрев вызывает сильный рост зерен и снижает механические свойства металлов. Структуру перегретого изделия

* Абсолютная шкала имеет градус, равный градусу Цельсия, а за точку «нуль» условно принята точка —273°.

можно исправить путем деформации (механической обработки) с последующим отжигом.

Пережог вызывает окисление и оплавление границ зерен, резкое падение крепости и пластичности. Иногда изделие совершенно рассыпается. Структура металла при пережоге не поддается исправлению, и изделие подлежит переплавке.

Отжиг производится обычно в различных печах или на кузнечном горне. Изделие постепенно нагревают, а затем также постепенно и равномерно охлаждают. Часто в производственных условиях остывание осуществляется вместе с остыванием печи, в которой изделия нагревались. Иногда остывание проводят в сухом нагретом песке или золе. При производстве художественных изделий отжиг применяется очень часто при штамповке, дифовке, чеканке из листа и других видах обработки.

Нормализация — этот вид термической обработки, применяемой главным образом для стальных изделий. Изделия нагревают и затем охлаждают на спокойном воздухе. В зависимости от количества углерода, содержащегося в стали, нормализация вызывает различные изменения ее свойств. Для малоуглеродистых сталей нормализация заменяет отжиг, так как при этом структура получается примерно такой же, как и после отжига, но процесс протекает значительно быстрее и поэтому он более экономичен.

Для средне- и высокоуглеродистых сталей нормализация приводит к противоположным результатам по сравнению с отжигом — твердость и прочность при нормализации возрастают. Поэтому нормализация для средне- и высокоуглеродистых сталей может заменять закалку. Нормализация легированных сталей приводит к повышению твердости и является по существу закалкой.

§ 6. ЗАКАЛКА И ОТПУСК

Закалка — процесс придания изделию высокой твердости и прочности. Однако при закалке с повышением твердости сталь становится более хрупкой. Процесс закалки — нагрев изделия до высокой температуры, а затем быстрое охлаждение в специальных охлаждающих средах. В зависимости от режима закалки изделия из одной и той же стали можно получить различные структуры и различные свойства.

Для получения наилучших результатов изделие равномерно нагревается до температуры $740\text{--}850^\circ$ и затем быстро охлаждается до $400\text{--}450^\circ$. Скорость охлаждения — не меньше 150° в секунду, т. е. охлаждение должно произойти в течение 2—3 сек. Охлаждение ниже 300° может протекать при любой скорости, так как полученная при закалке структура достаточно устойчива

и скорость дальнейшего охлаждения на нее не оказывает влияния.

В качестве охлаждающих сред обычно употребляются вода и трансформаторное масло. Скорость охлаждения в воде больше, чем в масле. При температуре воды, равной 18° , скорость охлаждения достигает 600° в секунду, а в масле — до 150° в секунду.

Иногда для повышения закаливающей способности в воду добавляется соль (10%) или серная кислота (10—12%), например, при закалке плашек или метчиков. Более высокий нагрев, чем это необходимо, так же, как и чрезмерная скорость охлаждения в холодной воде, приводит к нежелательным результатам — короблению, деформации или даже появлению трещин и разрывов изделий. При закалке инструмента из углеродистой стали применяются закалочные печи с температурой нагрева до $700\text{—}800^{\circ}$, а для нагрева легированных и быстрорежущих сталей до $1000\text{—}1325^{\circ}$.

В последнее время для нагрева под закалку применяют токи высокой частоты. Закаливаемая деталь помещается в специальный индуктор, по которому пропускается ток высокой частоты; деталь быстро нагревается, а затем замачивается водой.

Отпуск смягчает действие закалки, повышает вязкость и уменьшает хрупкость и твердость изделия. Кроме того, отпуск устраняет или снижает напряжения, вызванные закалкой. Некоторые сплавы, будучи закалены, уже при комнатной температуре отпускаются. Такой отпуск называется естественным. Другие же сплавы требуют нагрева до определенных температур, например, бериллиевая бронза, куниаль — сплав меди, никеля и алюминия, а также сталь.

Для определения температуры при отпуске инструментов очень часто пользуются цветами побежалости. Если очищенное от окалины стальное изделие нагревать, то, начиная с темпера-

Таблица 7

Цвет побежалости	Температура, нагрева, $^{\circ}\text{C}$
Светло-желтый	220
Желтый	230
Темно-желтый	240
Коричневый	255
Коричнево-красный	265
Фиолетовый	285
Темно-синий	300
Светло-синий	325
Серый	330

туры 220°, на нем образуются тонкие пленки окислов железа, придающие изделию различные цвета от светло-желтого до серого. С повышением температуры или с увеличением времени пребывания изделия при данной температуре окисленная пленка утолщается и цвет ее изменяется.

В табл. 7 приведены цвета побежалостей и соответствующие им температуры нагрева.

В процессе нагрева стальных изделий происходит их окисление и обезуглероживание. Окалина образуется на поверхности за счет образования окислов железа.

Интенсивность, с которой происходит окисление и обезуглероживание, зависит от состава атмосферы в печи и температуры нагрева. Чем выше нагрев, тем процессы идут быстрее.

§ 7. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Для стальных изделий применяется химико-термическая обработка. Она заключается в том, что поверхностные слои изделий под одновременным действием различных химических реагентов и высокой температуры насыщаются углеродом, азотом и другими элементами. Цель такого насыщения — увеличение твердости поверхностного слоя с сохранением вязкой сердцевины изделия, повышение устойчивости его против коррозии, приобретение новых декоративных свойств, а также жаростойкости, сопротивление износу, истиранию и т. п.

Этот процесс основан на способности различных элементов в момент своего выделения из соединений в атомарном состоянии проникать (диффундировать) в поверхностные слои стали и насыщать их. Различают следующие основные виды химико-термической обработки:

- цементация;
- азотирование;
- цианирование;
- алитирование;
- силицирование;
- диффузное хромирование.

Цементация — это поверхностное науглероживание стали. Она применяется в тех случаях, когда изделие должно иметь твердую поверхность при вязкой сердцевине. Цементация основана на свойстве железа поглощать углерод при высокой температуре.

Цементации подвергают малоуглеродистые стали с содержанием углерода не выше 0,2%, а также легированные стали с содержанием никеля, хрома и других веществ.

Азотирование (нитрирование) представляет собой процесс насыщения поверхностного слоя стальных и чугуновых

изделий азотом. Азотирование углеродистых сталей применяется главным образом для повышения коррозионной стойкости.

Цианирование — процесс одновременного насыщения стали углеродом и азотом, который повышает коррозионную стойкость и твердость изделий. Совместное действие углерода и азота ускоряет этот процесс по сравнению с цементацией.

Алитирование — процесс диффузного насыщения поверхности стальных и чугуновых изделий алюминием. Оно применяется для повышения жаростойкости до $900—950^{\circ}$ благодаря образованию на поверхности защитной пленки из окиси алюминия.

Силицирование повышает твердость и коррозионную стойкость изделий. Оно заключается в насыщении поверхностного слоя стальных изделий кремнием.

Диффузное хромирование значительно повышает коррозионную стойкость, твердость сопротивления износу и жаростойкость.

РАЗДЕЛ II



**МЕТАЛЛЫ,
ПРИМЕНЯЕМЫЕ
В ХУДО-
ЖЕСТВЕННОЙ
ПРОМЫШ-
ЛЕННОСТИ**

Металлы известны человеку с глубокой древности. Еще в доклассовом обществе люди научились использовать металлы. Раньше других были открыты золото, серебро и медь, так как они встречаются в самородном, свободном состоянии на земной поверхности. Несколько позднее были обнаружены легко плавляемые из руд олово, свинец, железо * и ртуть.

Открытие металлов было столь существенным, что целые исторические эпохи названы медной и железной. Это указывает на огромную значимость этих открытий в развитии производительных сил общества.

По представлению древних людей металлы имели таинственную связь с небесными светилами, так как и тех и других в древности было известно по семи. Поэтому в древних книгах металлы часто именуются названиями планет: золото — Солнцем, серебро — Луною, медь — Венерой, олово — Юпитером, свинец — Сатурном, железо — Марсом и ртуть — Меркурием.

До сих пор живы отголоски этих названий. Так например, кристаллическая уксуснокислая соль меди называется Венераины кристаллы; отравление ртутью называют иногда меркуриальным отравлением; отравление свинцом — «сатурнизмом» и т. п.

В середине XV в. были открыты цинк, сурьма и висмут; в начале XVIII в. — мышьяк, а остальные металлы — еще позднее. Например, общеизвестный и широко распространенный в наше время алюминий был открыт только в 1827 г., а в промышленность он широко вошел только с 20-х годов XX в.

В настоящее время трудно назвать такую современную отрасль производства, где бы не применялись металлы. Из металлов производятся машины, станки, инструменты, всевозможные

* Возможно, что первые изделия из железа были изготовлены из метеоритного железа.

бытовые вещи. Не меньшую роль играют металлы в области художественной промышленности.

В современной науке число известных металлов свыше 65. Однако в области прикладного искусства только сравнительно небольшая часть из них имеет непосредственное применение; некоторые металлы имеют косвенное применение, а часть их совсем не применяется.

Рассмотрим металлы и их сплавы, имеющие непосредственное применение в области художественной промышленности, т. е. такие металлы, которые служат материалами для производства из них художественных изделий.

В первую очередь к таким материалам относятся: группа черных металлов, т. е. сплавы железа с углеродом — чугун и сталь, а также группа цветных металлов — медь и ее сплавы (латунь и бронза), алюминий и магний и их сплавы, цинк, никель, олово и свинец, а также серебро, золото и платина, выделяемые обычно в особую группу драгоценных металлов.

Кроме того, рассмотрим и некоторые из цветных металлов, имеющих меньшее значение в художественной промышленности. Эти металлы применяются или в виде небольших добавок к сплавам, для изменения их свойств, или в качестве покрытий, при изготовлении инструмента и приспособлений и т. п. К ним относятся: кадмий, ртуть, сурьма, висмут, мышьяк, кобальт, хром, вольфрам, молибден, марганец и некоторые другие металлы. Остальные металлы, как не имеющие отношения к прикладному искусству, не рассматриваются.

§ 8. ЖЕЛЕЗО

Как уже отмечалось, железо было известно человеку с доисторических времен. В большинстве очагов древней культуры железный век пришел на смену бронзового или медного века. Так, например, железная культура в Европе возникла около 1000 лет до нашей эры, сменив более древнюю бронзовую эру, относящуюся ко второму тысячелетию до нашей эры.

Однако смена бронзового века железным в различных частях земного шара совершалась неодновременно. Более того, некоторые народы открыли железо, не зная бронзы, каменные орудия труда сменились непосредственно железными. Например, когда в Египте использовали только литье из бронзы и благородных металлов, негритянские племена центральной Африки уже умели ковать железо. Высокоразвитое кузнечное искусство Верхнего Египта (в верховьях Нила), по-видимому, многое восприняло от кузнецов-негров. Нечто сходное наблюдалось в Индии. Эта страна богата железными рудами, и культура железа возникла

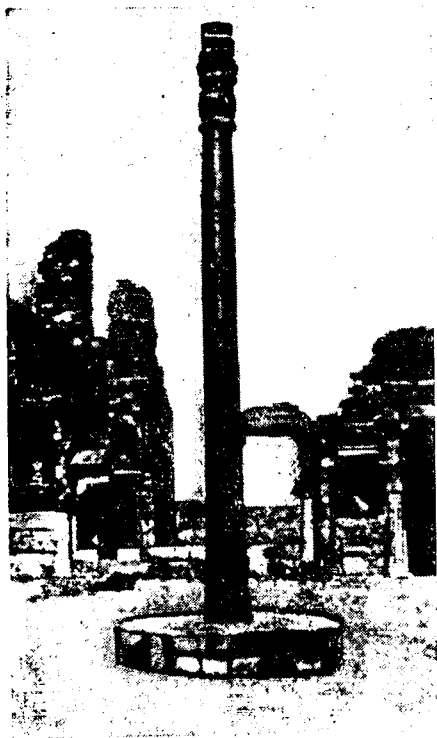


Рис. 4. Железная колонна
[Индия V в. н. э.]

здесь очень давно и развивалась, минуя бронзовый век. До наших дней сохранилась железная колонна (близ Дели), воздвигнутая в V веке нашей эры (рис. 4).

Очень высоко было искусство черных металлов в Ассирии и Вавилоне. Уже в IX и VIII вв. до нашей эры древние кузнецы умели ковать из железа оружие, а также украшать железные шлемы и панцири бронзой. При раскопках Вавилона был обнаружен клад железных слитков — болванок в форме двойной пирамиды длиной 48 см. Металл был превосходного качества, нержавеющей, общим весом до 160 т.

Издавна железо было известно на восточном побережье Черного моря. Древнегреческий писатель Эсхил в своих сочинениях, упоминая о железе, называет его «пришельцем от скифов», «скифским» или «заморским», а также «халибинским чужеземцем» по имени пле-

мени Халибов, населявших в древности Армянское Нагорье.

К концу первой половины первого тысячелетия нашей эры скифское население юга России было полностью ассимилировано славянскими племенами, которые восприняли скифскую культуру. По данным современной археологии, начиная с середины первого тысячелетия нашей эры, к IX—X вв. техника обработки черного металла достигает высокого уровня развития. В IX—X вв. русские мастера пользовались всевозможными технологическими приемами обработки железа — ковкой, сваркой, пайкой и термической обработкой.

В древности железо добывалось из болотной или луговой руды «сыродутным» способом. Сущность этого способа заключалась в следующем: в яму, обмазанную глиной, загружалась измельченная руда и древесный уголь. В нижней части ямы делали отверстие, через которое осуществлялось дутье ручными, а позднее механическими мехами. Окись железа восстанавливалась до металла, пустая порода ошлаковывалась и стекала вниз,

а на самом дне печи скапливались зерна железа, которые, слипаясь, образовывали крицу, т. е. рыхлую губчатую массу, пропитанную шлаками. Раскаленную добела крицу вынимали и быстро проковывали на наковальне, отжимая из нее шлак, и сваривали в монолитный кусок железа лепешкообразной формы. Вес древнерусских криц обычно составлял от двух до шести килограммов.

Этот древний способ прямого получения железа непосредственно из руды существовал очень долго — свыше 3000 лет и только в начале XIII в. нашей эры в Европе он стал заменяться доменным процессом. Однако и после изобретения доменных печей сыродутный способ продолжал еще применяться. Например, в Соединенных Штатах Америки в 1853 г. продолжало работу до 400 сыродутных горнов. В Финляндии они использовались до 1861 г., а в Индии кое-где применяются и до настоящего времени.

По своему составу кричное, сыродутное железо представляло собой сплав железа с углеродом; причем процентное содержание углерода не превышало сотых долей.

В настоящее время принята следующая классификация железоуглеродистых сплавов. Сплавы, содержащие углерода до 2%, называются сталью; причем, если в сплаве углерода меньше 0,25%, то такая сталь называется малоуглеродистой или мягкой сталью (по старой терминологии она называется железом); при содержании углерода от 0,25 до 0,6% — среднеуглеродистой и при содержании от 0,6 до 2% — высокоуглеродистой. При содержании углерода более 2% железные сплавы называются чугуном. Кроме железа и углерода, в сталях и чугунах присутствуют примеси кремния, марганца, фосфора и серы.

§ 9. чугун

Сыродутный способ получения железа из руды по экономическим соображениям в настоящее время не применяется. Теперь из руды сначала выплавляют чугун, часть которого идет на литье, а часть различными способами перерабатывается в сталь. Получение чугуна из руды осуществляется в доменных печах.

Родиной чугунолитейного производства, по-видимому, является Восток. В XIII в. чугунолитейное мастерство делается достоянием европейцев. В России первые доменные печи были построены в 1632 г. под Тулой (Городищенские заводы).

Доменная печь представляет собой высокую башню, выложенную из огнеупорного кирпича. Снаружи для прочности домна оковывается стальными листами и полосами. В доменную печь через верхнее отверстие в своде загружают шихту, т. е. смесь руды, кокса и известняка.

Кокс служит топливом. Сгорая, он развивает температуру до 1900° . Раньше вместо кокса применялся древесный уголь. Чугун, выплавляемый на древесном угле на Каслинском чугунолитейном заводе, построенном в 1646—1647 гг., обладал лучшими свойствами, так как он почти не содержал серы и был высокофосфорным.

Известняк служит флюсом. Флюс химически соединяется с пустой породой и золой, образуя легкоплавкий шлак. Шлак легко удаляется из домы через специальное отверстие — шлаковую летку, которая располагается немного выше чугунной летки.

Под влиянием высокой температуры начинается восстановление железа из руды, которая представляет собой окись железа, т. е. соединение железа с кислородом. Процесс восстановления заключается в следующем: углерод топлива (кокса) и образующаяся в печи окись углерода отнимают от руды кислород, а выделившееся чистое железо насыщается углеродом от раскаленного угля и превращается в чугун, который стекает на дно печи. Над чугуном, как более легкий, скопляется шлак.

Современные доменные печи за сутки выплавляют свыше 2000 т чугуна, а при кислородном дутье их производительность еще более повышается. Когда чугун готов, его выпускают из специального отверстия — чугунной летки. На старых заводах чугун отливался в песчаные формы, приготовленные на литейном дворе. На современных заводах для этого служит специальная разливочная машина, представляющая собой длинный конвейер с чугунными формами. На одном конце конвейера идет разливка, а с другого конца на железнодорожную платформу сходят уже остывшие чушки чугуна. В том случае, если сталелитейные цехи расположены рядом с доменным, расплавленный чугун доставляется туда в специальных миксерах, укрепленных на колесах.

При доменном процессе получают следующие виды чугуна:

- 1) литейный, или серый;
- 2) передельный, или белый;
- 3) специальный чугун, или ферросплавы.

Литейный, или серый, чугун с содержанием углерода от 3,2—4,1% идет на чугунное литье. Он широко применяется в художественной промышленности и при изготовлении декоративных архитектурных деталей.

В литейном чугуне большая часть углерода находится в форме свободного графита. Это объясняется повышенным содержанием кремния, который является полезной примесью серого чугуна, способствующей выделению углерода в виде мелких пластинок графита. Кремний попадает в чугун из кварца во время доменного процесса, и его содержание составляет 1,25—4,25%.

Свежий излом серого чугуна имеет серый цвет, откуда он и получил свое название.

В литейных чугунах, предназначенных для художественного литья, допускается сравнительно высокое — до 1,2% содержание фосфора. Он попадает в чугун при плавке из руды. Фосфор увеличивает жидкотекучесть и дает хорошее заполнение формы, хотя повышенное содержание фосфора увеличивает хрупкость чугунных отливок после их остывания — так называемую хладоломкость, но для художественных изделий это не столь существенно.

Вредной примесью в литейных чугунах является сера. Она в противоположность фосфору вызывает густоплавкость расплавленного металла, а при застывании металла способствует образованию усадочных раковин и трещин, а также вызывает красноломкость, т. е. разрушение металла при высокой температуре. В чугун сера попадает из кокса, ее содержание в литейных чугунах не должно превышать 0,05%.

Присутствие марганца в сером чугуне, с одной стороны, ослабляет действие серы и способствует удалению окислов, но в то же время он препятствует выделению углерода в виде графита, т. е. оказывает противоположное действие по сравнению с кремнием. Поэтому в литейных чугунах его содержание желательно иметь в пределах 1%.

Серый чугун хорошо обрабатывается резанием; он отличается меньшей хрупкостью и меньшей твердостью по сравнению с белым чугуном. Цвет его после отделки от теплого темно-серого до черного с коричневатым оттенком одинаково красив и на матовой, и на гладкой блестящей поверхности. Удельный вес серого чугуна находится в пределах 7—7,5; температура плавления 1200—1300°. Чугун обладает лучшими антикоррозионными свойствами по сравнению со сталью и является более долговечным материалом.

Особенностью антикоррозионных свойств чугуна является их способность возрастать во времени. Например, в первый год после отливки изделия скорость коррозии выражается в 160—180 г на 1 м² поверхности в год, а по прошествии 6 лет — всего 2—3 г на 1 м² в год. Наиболее прочно литье из серого чугуна работает на сжатие, примерно в два раза слабее на изгиб и в три-четыре раза хуже на растяжение. Эти свойства литого чугуна необходимо учитывать при проектировании различных художественных изделий, предназначенных под отливку.

Серый чугун как материал для изделий прикладного искусства применяется чрезвычайно широко. Благодаря своей высокой коррозионной стойкости, литейный чугун является одним из основных материалов для производства различных изделий экстерьерного характера: ваз и скульптур, парковых декоративных фигур и фонтанов, садовых оград, ворот, надгробных плит



Рис. 5. Настольная фигурка каслинского чугунного литья

и решеток. Высокая прочность на истирание и долговечность определяют применение чугуна для изготовления плит для полов, ступеней и ограждений лестниц и др.

Наконец, исключительно высокие литейные свойства позволяют отливать тончайшие ажурные предметы с красивым черно-коричневым цветом. Чугун является прекрасным материалом для производства всевозможных мелких бытовых предметов: настольных фигур (рис. 5), часов, ларцов, шкатулок, пепельниц, дверных ручек, туалетных принадлежностей и даже цепочек для часов, которые с исключительной виртуозностью отливались еще на знаменитых уральских Каслинском и Кусинском заводах. Там же был отлит по частям ажурный павильон для Всемирной выставки в Париже в 1900 г. На рис. 6 показан фрагмент ажурной вставки этого павильона.

Чугун на Руси начали отливать в XVI в. Наиболее древними образцами художественного литья из чугуна, относящегося к XVI и XVII вв., являются орнаментальные плиты полов в древних соборах, двери и надгробные плиты.

При Петре I чугунолитейное дело развивается довольно быстро. Появляются чугунолитейные заводы на Урале. В 1774 году в Петербурге был построен Александровский завод, который после оборудования его новыми доменными и пламенными печами начал выпускать самые разнообразные художественные изделия: вазы, статуи, колонны, решетки и т. п. Например, на этом

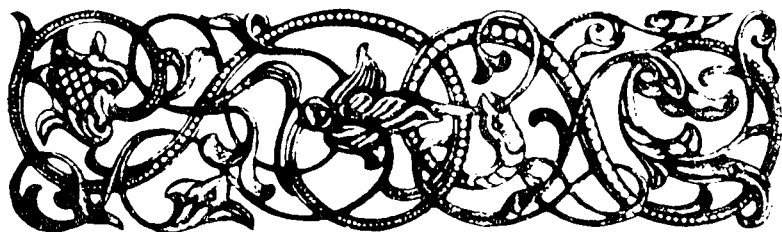


Рис. 6. Чугунная литая деталь павильона на Всемирной выставке в Париже в 1900 г.

[г. Касли]

заводе были отлиты чугунные ворота дома Демидова в Москве, решетки для Ассигнационного Банка в Петербурге и др.

В дальнейшем в XIX в. чугун как материал для художественного литья использовался очень широко. Крупнейшие русские архитекторы и скульпторы применяли чугунное литье для воплощения своих художественных замыслов. Исключительной по своей композиции и красоте является чугунная решетка у Казанского собора, отлитая по проекту архитектора А. Н. Воронихина, а также другие замечательные орнаментальные чугунные ограды нынешнего Ленинграда. Великолепными образцами чугунного статуарного и барельефного литья являются фигуры воинов и «славы» скульптора И. П. Витали, а также гербы и фризy, украшавшие триумфальную арку, построенную в Москве в 1829—1834 г. (в 1930 г. при реконструкции улицы Горького арка была снесена и теперь восстанавливается на Кутузовском проспекте).

Из современного художественного чугунного литья можно отметить отлитую на Мытищинском заводе художественного литья фигуру рабочего, выполненную по модели скульптора А. Е. Зеленского и поставленную около наружного вестибюля станции московского метро «Краснопресненская», решетки Страстного бульвара и другие работы.

Кроме литейного, или серого, чугуна существуют перелдельный, или белый, чугун и специальный чугун. Однако оба этих вида чугуна в художественной промышленности не применяются. Перелдельный чугун идет на дальнейшую переработку его в сталь, что подтверждает его название; специальные чугуны применяются также в сталеплавильном производстве в качестве добавок.

Разновидностью белого чугуна является ковкий чугун. Он получается при отливке изделий из белого чугуна с последующей термической обработкой в течение нескольких часов при температуре 950—1000°. По своим механическим свойствам ковкий чугун занимает среднее место между чугуном и сталью. Он

более вязкий, подвергается правке и чеканке, но не куется. В зависимости от того, как производится отжиг изделий, можно получить два варианта ковкого чугуна: черносердечный и белосердечный.

Если отливку из белого чугуна нагреть до высокой температуры, предварительно поместив ее в железный ящик, и засыпать со всех сторон ржавой железной стружкой или окалиной, то часть углерода выгорит и получится белосердечный чугун. Если при нагревании отливки вместо железной стружки насыпать песок или шлак, то углерод сохранится в сплаве, но только выделится в виде круглых гнездообразных включений графита — такой чугун называется черносердечным. Белосердечный и черносердечный чугуны легко отличаются друг от друга по виду и цвету свежего излома.

Черносердечный чугун иногда применяется при отливке мелких художественных изделий сложной формы, требующих тщательной отделки, которая осуществляется чеканкой.

Легированный чугун представляет собой разновидность обыкновенного серого чугуна и отличается от него содержанием специальных примесей других металлов, например, никеля, хрома, меди, вольфрама и т. п. Эти примеси повышают стойкость против коррозии, а также механические свойства чугуна.

Зеркальный чугун — это один из сортов специального чугуна; излом его белый, лучистый; он содержит углерода 4—5% и марганца 10—22%.

§ 10. СТАЛЬ

Сталь получается из передельного чугуна путем его переплавки. Во время переплавки из чугуна выгорает часть примесей, так как они окисляются легче, чем железо. В табл. 8 приведен химический состав чугуна и полученной из него стали.

Таблица 8

Материал	Содержание, %						Всего
	углерод	кремний	марганец	фосфор	сера	железо	
Чугун	3,50	1,85	1,50	0,07	0,04	93,04	100
Сталь	0,45	0,17	0,80	0,02	0,02	98,54	100

Из табл. 8 видно, что сталь отличается от чугуна меньшим содержанием углерода и других примесей. Сталь обладает более высокими физико-механическими свойствами по сравнению с чугуном. Она закаливается, куется, прокатывается, хорошо режется, может отливаться.

В древности мягкую сталь (техническое железо) добывали сыродутным способом непосредственно из руды. В 1740 г. в Англии начали применять получение стали в тиглях. В 1784 г. появился способ puddling, т. е. получение стали в тестообразном состоянии из чугуна в пламенных печах. Но эти способы были очень малопроизводительны. В 1856 г. Г. Бессемер открыл новый способ получения стали, названный по его имени бессемеровским, в 1878 г. С. Томас несколько видоизменил этот способ, который теперь называется томасовским.

При бессемеровском способе получения стали расплавленный передельный чугун наливают в конвертер, представляющий собой стальной сосуд грушевидной формы, выложенный внутри огнеупорным диновым кирпичом, приготовленным из молотого кварца и извести. Конвертер продувается воздухом. Под действием кислорода воздуха температура чугуна поднимается до 1500—1600° и примеси выгорают. Прежде всего выгорает кремний, затем марганец и, наконец, углерод.

Однако сера и фосфор не выгорают и переходят в сталь. Для перевода фосфора в шлак необходима известь, с которой фосфор образует соединение. Но вводить известь в бессемеровский конвертер нельзя, так как она разрушает диновое кирпича.

В томасовском конвертере диновое кирпича (кислый) заменен на доломит (смесь карбоната магния и кальция). В томасовский конвертер вместе с чугуном загружают известь, благодаря которой фосфор и сера (до 30%) переходят в шлак и удаляются из металла. Томасовский шлак является ценным фосфористым удобрением в сельском хозяйстве.

Сталь, получаемая бессемеровским и томасовским способами, называется конвертерной. Качество этой стали сравнительно невысокое. Бессемеровская сталь идет для приготовления рельсов, труб, болтов и т. п. Томасовская сталь более мягкая; она идет на прокат листовой стали (кровельного железа), проволоку и т. п.

Преимущество этих способов заключается в том, что процесс получения стали идет очень быстро — 15—30 мин; не требуется топливо и стоимость конвертерной стали невысока.

Главнейшими недостатками этого способа являются большой угар металла (до 15%); ограниченный состав чугунов (только кремнистые и фосфористые), пригодных для переработки этим способом; трудность получения стали определенного состава вследствие большой скорости процесса переплавки.

Однако в последнее время при конвертировании стали применяют автоматику, что позволило получить этим способом стали определенных марок. Разработан конвертерный метод производства стали с применением кислорода, который дает возможность получать сплав, по качеству равный мартеновскому.

Для получения качественных сталей с 1862 г. применяется мартеновский способ. Плавка производится в специаль-

ных мартеновских печах, которые обычно отапливаются горючими газами с температурой до 1750°. Этим способом можно варить сталь из чугуна, а также из лома черных металлов (скрапа). Процесс продолжается несколько часов, что позволяет брать пробы и устанавливать качество и состав стали.

Мартеновская сталь идет для изготовления листовой, сортовой и фасонной стали, а также высококачественной и легированной. В последнее время разработаны способы кислородного дутья, которые во много раз сокращают сроки получения стали.

В настоящее время очень широко применяется производство стали в электрических печах. В России первая дуговая электропечь для плавки стали была установлена в 1910 г. Однако широкое промышленное применение электроплавка получила лишь с XX в. Сейчас Советский Союз стоит на первом месте в Европе по количеству электропечей и выплавляемой электростали.

Различают два типа электропечей: дуговая и индукционная.

Дуговая печь нагревается за счет электрической дуги. В последнее время широко применяют печи с замыканием дуги на ванну. Емкость дуговых печей 0,5—150 т стали.

Индукционные печи в СССР стали применять с 1931 г. Емкость индукционной печи достигает 9 т. Она состоит из тигля, вокруг которого намотана спираль из медной трубки; внутри трубки циркулирует охлаждающая вода. По трубке пропускают переменный ток с 20—30 тыс. периодов в секунду. В тигель загружают металл, подлежащий переплавке. Протекающий по спиральной трубке ток высокой частоты возбуждает в металле магнитное поле с вихревыми токами Фуко, которые и служат источником тепла (до 2000°).

Индукционные печи обладают следующими преимуществами: под действием вихревых токов металл хорошо перемешивается, печь имеет большую производительность и высокий коэффициент полезного действия.

В настоящее время производится большое разнообразие сортов стали. В зависимости от химического состава и от области применения их классифицируют на группы (табл. 9).

Таблица 9

По составу	По назначению		
	поделочные (конструкционные)	инструментальные	особого назначения
Углеродистые	Обыкновенные Качественные	Высокоуглеродистые	— —
Легированные	Цементируемые Улучшаемые Азотируемые	Быстрорежущие	Нержавеющие Жаропрочные Немагнитные

Из приведенных в табл. 9 сортов стали в художественной промышленности употребляются не все. В качестве поделочных материалов применяется главным образом обыкновенная углеродистая сталь и гораздо реже качественная углеродистая сталь, а из группы легированных — только нержавеющая.

Для изготовления инструмента обычно применяются высокоуглеродистая и быстрорежущая, относящаяся к группе легированных. Остальные сорта стали в области художественной промышленности применяются очень редко или совсем не применяются.

Углеродистыми называются такие стали, структура и свойства которых определяются процентным содержанием углерода. Кроме углерода, в этих сталях всегда присутствуют: марганец, кремний, фосфор и сера. Углеродистые стали, как это видно из табл. 9, делятся на обыкновенные и качественные.

Качественные отличаются от обыкновенных более высокими механическими свойствами, они дороже и применяются для изготовления ответственных деталей в машиностроении, а в художественной промышленности используются очень редко.

Обыкновенные углеродистые стали подразделяются на восемь марок от ст. 0 до ст. 7. В табл. 10 приведены характеристики этих марок.

Таблица 10

Марка стали	Содержание углерода, %	Степень закаливается	Цвет условной окраски	Применение
Ст. 0	До 0,23	Не закаливаются	—	Хорошо сваривается, вязкая применяется для художественных, кузнечных и гибочных работ в виде прутков, полос, проволоки, а также в виде листов (кровельное железо)
Ст. 1	0,07—0,12	Не закаливаются	Белый	
Ст. 2	0,09—0,15	Не закаливаются	Желтый	
Ст. 3	0,14—0,22	Не закаливаются	Красный	Профильный прокат, уголок, тавр, швеллер, трубы, гвозди, заклепки, болты
Ст. 4	0,18—0,27	Слабо закаливаются	Черный	
Ст. 5	0,28—0,37	Слабо закаливаются	Зеленый	Крупные поковки
Ст. 6	0,38—0,50	Хорошо закаливаются	Синий	В художественной промышленности употребляется редко
Ст. 7	0,51—0,63	Хорошо закаливаются		

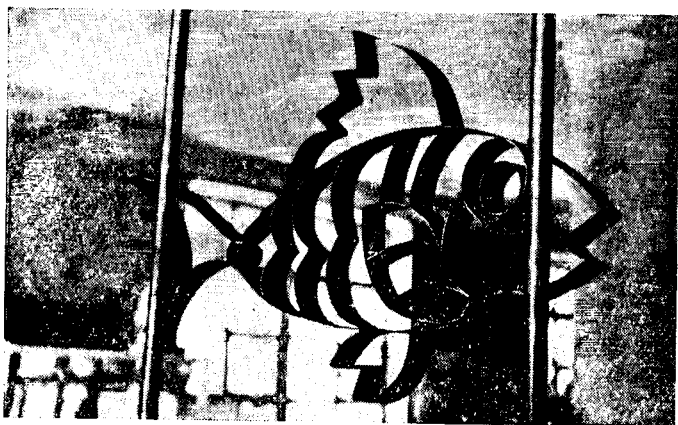


Рис. 7. Деталь декоративной решетки, выполненная из стальной полосы
(современная работа)

Обыкновенные углеродистые стали очень широко применяются как поделочный материал, из которого изготавливаются различными способами художественные изделия. На рис. 7 дана деталь декоративной решетки, выполненной из стальной полосы.

Современная промышленность выпускает эти стали в форме различных полуфабрикатов и заготовок, получаемых прокаткой, из которых путем последующей обработки можно выполнить готовые изделия и в том числе предметы художественной промышленности.

Стальной прокат подразделяется на группы:

- 1) листы;
- 2) трубы;
- 3) сортовой прокат;
- 4) периодический прокат.

Листовой прокат подразделяется на толстые листы (толще 4 мм) и тонкие листы. Например, кровельная сталь (кровельное железо), листовая декопированная сталь, т. е. отожженная и травленая сталь, которая становится мягкой и более устойчивой против коррозии; белая жель — тонкие листы мягкой стали, покрытые с обеих сторон слоем олова; черная полированная жель и т. п.

Сортовой прокат различается по размерам: крупный, средний и мелкий, и по форме: квадратный, полосовой, трехгранный, шестигранный, круглый, полукруглый, сегментный. Кроме того, прокат бывает: угловой, коробчатый (или швеллерный), тавровый, двутавровый, зетовый, колонный, рельсовый и др.

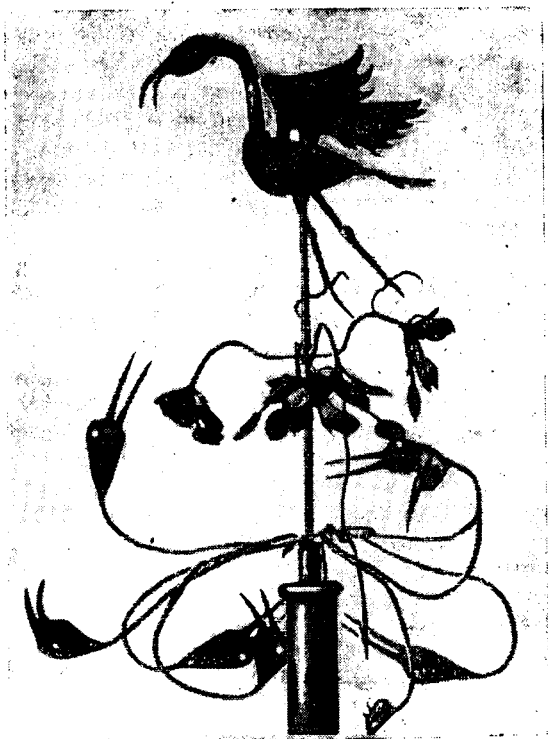


Рис. 8. Кованый железный флюгер с Владимирской башни Китай-города (XVII в.)

Мягкая малоуглеродистая сталь или, как ее раньше называли, поделочное железо, для выделки различных художественных изделий применялась с давних пор. В древней Руси наряду с железом (малоуглеродистой сталью) была известна и высокоуглеродистая сталь с хорошей однородной структурой и содержанием углерода от 0,35 до 0,85%.

В древнерусских письменных памятниках она упоминается под специальными терминами: «Оцел» и «Харолуг», а в XVII веке появляется еще один термин «Уклад», тоже обозначающий сталь. Эта сталь вместе с железом шла на выделку сложноузорчатых сварных клинков, мечей, кинжалов, ножей и т. п., которые изготовлялись по весьма сложной технологии.

Примером крупного древнерусского художественного изделия XVII века является флюгер, в свое время украшавший Владимирскую башню Московского Китай-города (рис. 8). Он изготовлен

древнерусскими кузнецами-умельцами из малоуглеродистой стали (ковочного железа) свободной ковкой.

Более поздним примером, относящимся к XIX в., является железный петух на шпиге Казанского вокзала в Москве, выполненный в кузнечной технике из листовой стали П. Н. Шабаровым по проекту архитектора А. В. Щусева. В советском прикладном искусстве сталь также является одним из основных материалов при производстве крупных декоративных изделий (витражей, решеток и проч.).

Инструментальная углеродистая сталь служит основным материалом для изготовления инструментов и приспособлений для художественной обработки других металлов. Из нее делают различные резцы, штихели, чеканы, граверные пуансоны, матрицы, молотки, прессформы и т. п.

Эта сталь содержит 0,6—1,4% углерода. ГОСТом установлено шесть марок инструментальной углеродистой стали. Марки обозначаются буквой У, указывающей, что это сталь углеродистая; цифры, следующие за буквой, означают среднее содержание углерода, выраженное в десятых долях процента. Характеристика углеродистых инструментальных сталей и их применение приведена в табл. 11.

Таблица 11

Марка стали	Содержание углерода, %	Применение
У7	0,60—0,74	Зубила, кузнечные штампы, отвертки, клейма по стали, кувалды, слесарные молотки, чеканы
У8	0,75—0,85	Штихели, граверные зубила, пуансоны, матрицы, керны, тисочные губки, резцы для обработки медных сплавов
У9	0,86—0,94	Зубила по камню, дыропробивные штампы, инструмент по дереву
У10	0,95—1,09	Сверла, метчики, плашки, развертки, фрезы, ножовочные полотна
У12	1,10—1,25	Сверла, метчики, развертки, плашки, калибры, напильники, пилы по металлу
У13	1,26—1,40	Резцы по твердому металлу, шаберы, зубила для насечки напильников, волоочильный инструмент

Легированные стали делятся на две группы: легированные конструкционные и легированные инструментальные. Первые применяются как поделочный материал, вторые — на производство инструментов и приспособлений.

Легированные стали обладают одновременно высокой прочностью и пластичностью. Такое сочетание в углеродистых сталях получить невозможно.

Легирующие элементы, входящие в состав стали, участвуют в образовании структуры и влияют на различные свойства стали. Легированные стали маркируют буквами и цифрами, характеризующими состав и содержание основных компонентов. Двузначная цифра слева указывает содержание углерода, выраженное в сотых долях процента. Легирующие металлы обозначают следующими буквами:

Н — Никель	М — Молибден
Х — Хром	Ю — Алюминий
С — Кремний	Т — Титан
Г — Марганец	Д — Медь
В — Вольфрам	К — Кобальт
Ф — Ванадий	Б — Ниобий

Цифры после букв указывают процентное содержание соответствующего металла, выраженное в целых единицах; причем цифра 1 не ставится. Буква А в конце марки указывает на высококачественность стали (она отличается от качественной меньшим содержанием серы и фосфора).

Некоторые марки стали специального назначения, обладающие особыми свойствами, маркируются специальными буквами, которые ставят впереди марки:

- Р — быстрорежущая;
- Я — кислотоупорная;
- Ж — жароупорная;
- Е — электротехническая;
- ШХ — шарикоподшипниковая.

Например, марка 15ХА означает: хромистая высококачественная сталь с содержанием углерода 0,15% и хрома около 1%; марка 20ХГС — хромокремнемарганцевая сталь с содержанием углерода 0,20%; хрома около 1%; кремния около 1%; марганца около 1%.

Для производства художественных изделий особый интерес представляет нержавеющая сталь. По своему составу она относится к высоколегированным сталям с малым содержанием углерода (0,14—0,23%), высоким содержанием хрома (10—23%) и никеля (4—10%).

Нержавеющая сталь отличается высокой коррозионной стойкостью. На открытом воздухе без каких-либо дополнительных покрытий она хорошо сохраняет свой первоначальный серебристый цвет и блеск.

Наша промышленность выпускает нержавеющую сталь в виде листов толщиной 0,1—2 мм. Эти сортаменты очень удобны для производства различных художественных изделий. Они достаточно вязки и пластичны, хорошо дифуется, принимая объемную форму, сравнительно легко режутся, сверлятся, а также поддаются сварке и пайке.

Примером современного художественного произведения, выполненного из нержавеющей стали, может служить монументальная скульптурная группа «Рабочий и колхозница» по модели скульптора В. И. Мухиной для советского павильона на Парижской выставке и установленная в настоящее время около Выставки достижений народного хозяйства. Огромная скульптура высотой до 24 м выколочена из тонких листов нержавеющей стали толщиной 0,5 мм, укрепленных на стальном каркасе.

Листовая нержавеющая сталь применяется и в архитектуре — она очень декоративна и долговечна. Примером может служить обработка широкой рифленой полосой из нержавеющей стали пилоэстров и колонн на станции московского метро «Маяковская». Кроме того, нержавеющая сталь является очень хорошим материалом для изготовления посуды, столовых приборов и т. п.

§ 11. МЕДЬ И ЕЕ СПЛАВЫ

Свое название «сиргит» медь получила от острова Кипр (Сург), где ее добывали древние греки и римляне. Медь имеет характерный красный цвет; на матовых поверхностях он приобретает своеобразный розовый оттенок, мягкий, приглушенный. Полированная медь отличается более ярким цветом и блеском.

При добавлении меди в сплавы в больших количествах они также окрашиваются в теплые красноватые тона, например, том-пак и бронза. Сплавы, содержащие меньший процент меди, имеют желтые и зеленовато-желтые цвета; сплав, содержащий 50% меди и 50% олова, имеет белый цвет. На основе меди изготавливают сплавы, имеющие красновато-желтый цвет, очень близко напоминающие золото — так называемое французское золото.

Медь — мягкий и тягучий металл; он легко обрабатывается давлением и волочением. Из меди легко штамповать, дифовать и чеканить. Она легко принимает самую разнообразную форму, допускает выколотку высокого рельефа. Медь хорошо прокатывается; из нее изготавливают тончайшие листы и ленты (фольга), толщина которых составляет не более 0,05 мм, а также различные трубки, прутки и проволоку; причем диаметр проволоки может быть доведен всего до 0,02 мм. Однако, благодаря своей вязкости, медь плохо пилится напильником, задирается и быстро забивает напильник (особенно личной). Обработка чистой меди на режущих станках также затруднительна — она плохо точится, сверлится и фрезеруется.

Чистовой обработке, шлифовке и полировке медь подвергается хорошо, однако благодаря малой твердости детали из

полированной меди быстро теряют блеск. Удельный вес меди 8,94; удлинение 45—50%; медь обладает очень высокой теплопроводностью и электропроводностью; температура ее плавления 1083°; температура кипения 2305—2310°. Отливается медь плохо — даже при высокой температуре чистая медь остается густой, кашеобразной и плохо заполняет форму. Кроме того, расплавленная медь жадно поглощает газы, и отливки получают пористыми.

В сухом воздухе медь не окисляется. При нагреве свыше 180°, а также под действием воды, щелочей, кислот и т. п. медь окисляется; причем окисление протекает иногда весьма энергично, например, в крепкой азотной кислоте. На открытом воздухе изделия из красной меди быстро покрываются пленкой из окислов меди зеленого цвета и сернистых соединений меди черного цвета. Эта пленка защищает медь от дальнейшей коррозии влугбину. Медь добывается из руд.

В качестве примесей в меди присутствуют: кислород, висмут, сурьма, свинец, мышьяк, железо, никель, сера, олово, цинк. Наиболее вредным из этих примесей является висмут, который вызывает красноломкость меди в интервале 400—600°. При этой температуре нагретая медь становится хрупкой и непригодной для обработки штамповкой, прокаткой и другими методами. При дальнейшем нагреве хрупкость пропадает.

В художественной промышленности чистая, или красная, медь применяется довольно часто, однако все же не так широко, как ее сплавы — бронза и латунь. Применение чистой меди в ряде случаев обуславливается ее исключительно высокой пластичностью и вязкостью, позволяющей из листов сравнительно небольшой толщины (0,8—1,2 мм) получать путем выколотки сложные объемные формы.

Кроме того, медь отличается высокой стойкостью против коррозии. Изделия из чистой меди прекрасно сохраняются на открытом воздухе без всякой покраски или других антикоррозионных покрытий, например медная чеканная дверь Туркменского павильона на ВДНХ (рис. 9). Эти свойства чистой меди сделали ее основным материалом для дифовочных работ при изготовлении крупных скульптурных и орнаментальных композиций для экстерьера. Примером таких медночеканных скульптур могут служить многочисленные статуи и декоративные фигуры начала XIX в., украшающие различные здания Ленинграда (квадрига Апполона на бывшем Александринском театре).

Кроме дифовочного производства, чистая медь применяется для штамповки очень высоких и сложных рельефов и орнаментов, для которых латунь оказывается недостаточно пластичной. Красная медь остается пока незаменимым материалом в области филигранных работ, имеющих массовый характер. Проволока из красной меди, применяемая для филигранных работ, в отожжен-

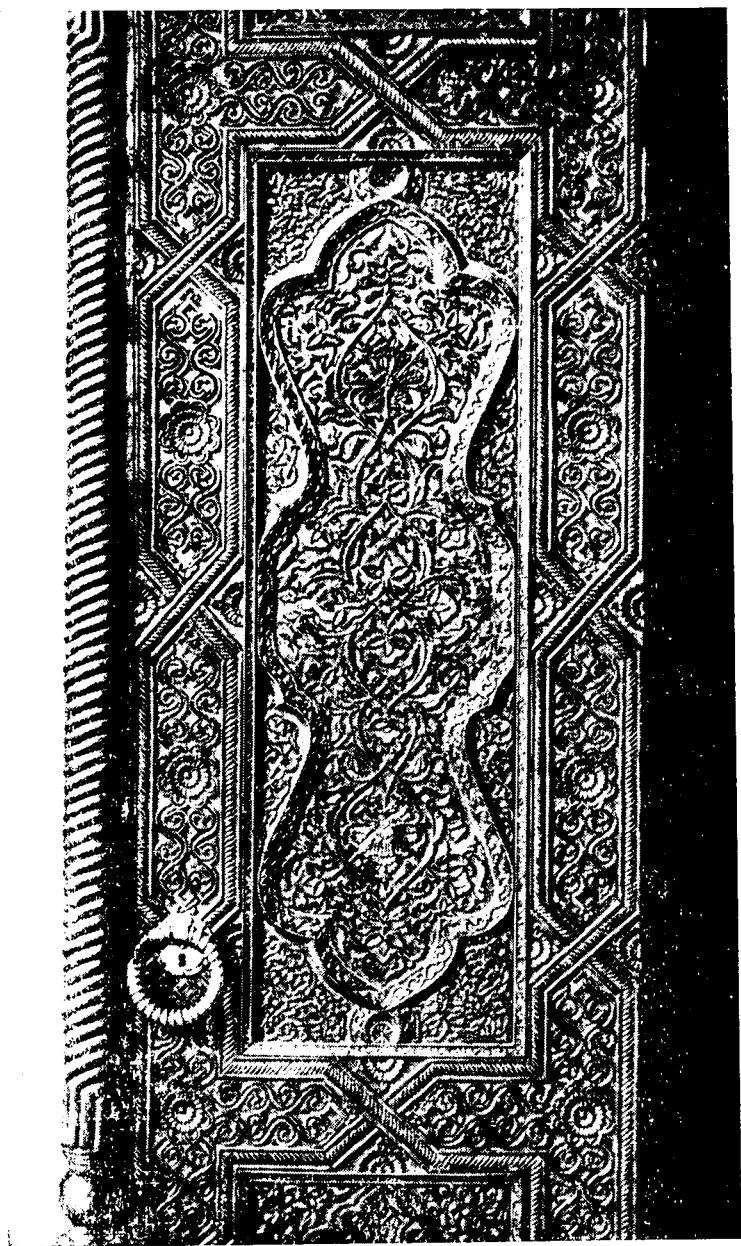


Рис. 9. Фрагмент медной чеканной двери павильона
Туркменской ССР на ВДНХ

ном состоянии становится настолько мягкой и пластичной, что из нее без труда можно вить всевозможные шнуры и выгибать самые сложные причудливые элементы орнамента. Она может быть изготовлена любой толщины. Кроме того, проволока из красной меди (благодаря своей тугоплавкости и теплопроводности) очень легко и хорошо спаивается сканным серебряным припоем, хорошо серебрится и золотится.

Благодаря этим свойствам (тугоплавкости и теплопроводности), а также определенным коэффициентам расширения при нагреве красная медь является незаменимым материалом для художественных изделий (филигранных или чеканных) с последующим их эмалированием. Коэффициент линейного и объемного расширения при нагреве у красной меди очень близок к такому же коэффициенту горячих эмалей. Поэтому при остывании изделия эмаль хорошо держится на красно-медном изделии, не трескается и не отскакивает.

Аноды из красной меди высших марок являются основным материалом для производства художественных гальванопластических работ, а также для нанесения гальваническим путем подслоев меди при никелировании и хромировании стальных изделий, так как хром и никель, осажденные непосредственно на стальную поверхность, держатся непрочно.

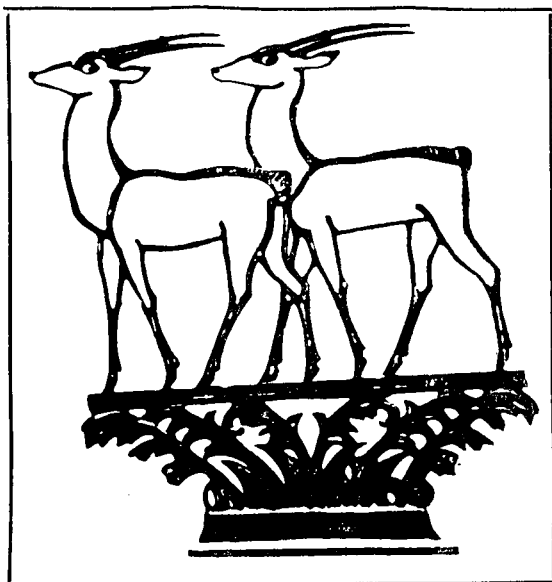
Благодаря своей высокой теплопроводности красная медь является незаменимым материалом для изготовления сердечников для паяльников. Наконец, высокая электропроводность меди (она уступает только серебру), удельное сопротивление, равное $0,0175 \text{ ом мм}^2/\text{м}$, послужили причиной широкого применения меди для изготовления проводников электрического тока — проводов, кабелей и т. п.

Медь является основным компонентом твердых припоев (медных, серебряных и золотых), применяемых для пайки самых разнообразных изделий художественной промышленности, начиная от ювелирных изделий и кончая крупными декоративными предметами. Кроме того, медь наряду с золотом и селеном применяется для изготовления цветного красного стекла (медного рубина), эмали и смальты. В больших количествах медь идет для приготовления сплавов.

Медные сплавы. Сплавы меди с цинком называются латунями; все остальные сплавы на медной основе — бронзами. Кроме того, медь добавляют в специальные стальные сплавы.

Латуни. Большинство латуней имеет красивый золотисто-желтый цвет. Художественные латунные изделия, покрытые специальными бесцветными или слабо окрашенными спиртовыми лаками или нитролаками, приобретают и надолго сохраняют вид и блеск золота. Латуни применяются для изготовления уникальных декоративных предметов. Примером может служить линейно-силуэтная скульптура И. Ефимова «Лани» (рис. 10). Латуни

Рис. 10. «Лани» — силуэтная скульптура из латуни
(скульптор И. Ефимов)



применяются также для галантерейных и дешевых ювелирных изделий с последующим серебрением или золочением.

Латунь хорошо обрабатывается на режущих станках, полируется и надолго сохраняет полированную поверхность, хорошо сваривается и паяется как мягкими, так и твердыми припоями. Большинство латуней хорошо прокатывается, штампуется и чеканится. Латунь легко и прочно покрывается различными гальваническими покрытиями — никелем, серебром и золотом; хорошо принимает химические оксидировки и может быть тонирована в любые цвета. Температура плавления латуни $980\text{—}1000^\circ$. Большинство латуней отливается плохо, но имеются специальные марки литейных латуней, например, алюминиевая латунь (ЛА67-2,5), которая благодаря примеси алюминия имеет хорошие литейные свойства и, кроме того, отличается от других латуней высокой коррозионной стойкостью. Литейными свойствами обладают также марганцево-свинцовая латунь (ЛМцС 58-9-2) и некоторые другие виды.

По сравнению с чистой медью латуни более прочны и тверды, а некоторые из них, например, латуни, содержащие около 30% цинка (Л68), не уступают чистой меди и в отношении пластичности. На рис. 11 дан фрагмент чеканной решетки из листовой латуни этой марки. Кроме того, латуни значительно дешевле меди (так как цинк дешевле, чем медь) и значительно красивее по цвету, чем красная медь.

Латуни с малым содержанием цинка — от 3 до 12% (марки Л96, Л90 и Л85) называются томпаками; они отличаются



Рис. 11. Декоративная решетка (фрагмент)
(павильон Армянской ССР на ВДНХ)

красновато-желтым цветом и применяются для изготовления художественной посуды, а также в художественной эмалирной промышленности для изготовления нагрудных спортивных и юбилейных значков, а также дешевых ювелирных изделий. Томпак хорошо обрабатывается в холодном состоянии — штампуются, тянется в проволоку, приближаясь в этом отношении к чистой меди. На открытом воздухе изделия из томпака постепенно темнеют, покрываясь оксидной пленкой.

Очень близки к томпаку сплавы, особенно широко применявшиеся в XIX в. в Западной Европе и в России в качестве «поддельного золота» для производства дешевых ювелирных изделий. Они состоят из меди с небольшими примесями цинка (до 18%) и олова, которое улучшает их литейные свойства. Эти сплавы имели громкие причудливые названия, например «Симилор», «Ореид», «Хризохалк», «Хризорин», «Принцметалл» и др. В настоящее время они вышли из моды и потеряли свое значение.

Латунь выпускается в виде листов различной толщины, ленты, прутков проволоки и трубок. Литейные латуни выпускаются в виде слитков (чушковая латунь). Следует отметить, что боль-

шинство латунных сортаментов нельзя длительно хранить в условиях холодных, неотопливаемых складов, так как от смены температуры, наличия влажности и других условий латунь разрушается.

Художественные изделия, выполненные из латуни, хорошо «работают» в условиях интерьера в теплых и сухих помещениях. На открытом воздухе латунь быстро теряет свой блеск и золотистый цвет, покрывается сернистыми и окисными пленками, чернеет и утрачивает свои художественные качества. Поэтому для экстерьерных художественных изделий латунь применять нецелесообразно; для этих целей служит бронза.

Несмотря на то что цинк был открыт только в XVI в., латунь была известна уже древним римлянам. Они получали ее, сплавляя медь с галмеем, т. е. с цинковой рудой, которая содержит смесь углещинковых и кремнецинковых солей. Считалось, что галмеем обладает свойством окрашивать медь в желтый цвет, но до конца XVII в. не было известно, что латунь состоит из меди и цинка. Этот способ приготовления латуни применялся и в средние века и удержался даже вплоть до XIX в. Путем сплавления меди с металлическим цинком латунь впервые была получена в Англии в 1781 г. В настоящее время латунь получают сплавлением меди с цинком.

С середины XVIII в. из латуни начали производить «бронзироваый порошок» для бронзирования художественных изделий из гипса, дерева, папье-маше, а также использования его при печатании обоев и для других целей. Его получали путем механического измельчения тончайших латунных пластинок, предварительно прокатанных и расплюснутых под паровым молотом до толщины, равной нескольким микронам.

Бронзироваый порошок получают и другим способом — восстановлением раствора медного купороса металлическим железом. Полученную губчатую медную массу измельчают, промывают и сушат, а затем придают бронзовый оттенок путем нагревания его с парафином в железных ящиках благодаря появлению цветов побежалости.

Бронзы. Бронзы известны человечеству очень давно, за несколько тысячелетий до нашей эры. В истории развития человеческого общества целая эпоха носит название «бронзового века». В эту эпоху человек впервые из медной и оловянной руды научился выплавлять бронзу и производить из нее предметы быта и оружие, позднее монеты и различных украшений. Во всех древнейших очагах человеческой культуры — в Египте, Китае, Индии, в искусстве древних ассирийцев, этрусков, греков и римлян находятся памятники искусства, сделанные из бронзы. Уже в седьмом веке до нашей эры античные художники научились отливать бронзовые статуи, например, бронзовая фигура «Дельфийского возничего», отлитая в 470 г. до н. э. (рис. 12).



Рис. 12. Бронзовая фигура
«Дельфийского возничего»
[470 г. до н. э.]

В состав наиболее древних бронз, относящихся к бронзовому веку, входило приблизительно 88% меди и 12% олова. Античные или коринфские бронзы содержали еще больше меди — до 90%. Кроме того, в них нередко в виде примесей содержались железо, кобальт, никель, свинец, цинк, серебро. Это объясняется тем, что бронзу получали выплавкой медной и оловянной руды, в которых всегда присутствуют примеси различных металлов. Византийские и корсунские бронзы, а также древнерусские бронзы IX—X вв. были очень близки к античным. Они содержали олова не более 8—10%, а остальное медь.

В XII—XIV вв. в древней Руси отливки производились из сплава меди, олова, цинка и, возможно, свинца, называемого «Спруда».

В XV—XVII вв. отливки производили из красной меди, с оловом, а с XVIII в. из желтой меди — бронзы с добавкой цинка. С середины XIX в. для отливки памятников применялась так на-

зывается «Сукрасная» бронза, в состав которой входила цинковая лигатура (до 5%). Из этой бронзы было отлито около 70 различных памятников на Санкт-Петербургской фабрике бронзового литья А. Морана: памятники М. И. Глинке в Ленинграде и Смоленске, И. К. Айвазовскому в Феодосии, Н. В. Гоголю в Москве во дворе дома на Суворовском бульваре, И. Крузенштерну в Ленинграде и др. В конце XIX в. широкое применение для художественного литья получила бронза с содержанием 2—4% олова и 10—18% цинка.

В Западной Европе для статуарного литья применялись бронзы, близкие к этому составу. Например, во Франции применялась бронза, состоящая из 82% меди, 13,5% цинка, 3% олова и 1,5% свинца.

В настоящее время литье художественных изделий производится из специальной художественной бронзы. В ГОСТ включено три марки бронзы следующего состава (табл. 12).

Таблица 12

Марки бронз	Цинк	Олово
БХ-1	5—8%	4—7%
БХ-2	8—13%	1—5%
БХ-3	25—35%	0,5—3%

Кроме цинка и олова, в состав этих бронз входит небольшая примесь свинца, а остальное содержание — медь.

Древние бронзы представляли собой сплав из двух компонентов меди и олова (если не считать случайных примесей). Однако употребление для отливки крупных фигур и статуй бронзы, состоящей только из меди и олова, имеет ряд недостатков. Такая бронза отличается густоплавкостью и плохо заполняет форму, она дорога и плохо обрабатывается резанием. Кроме того, при наиболее употребительном содержании олова в пределах от 7 до 15% сплав легко подвергается ликвации, т. е. при медленном охлаждении происходит разделение сплава, часть с большим содержанием меди затвердевает раньше. Ликвация еще более усиливается, если в бронзе присутствует свинец (свыше 3%).

Ликвация служит большой помехой при отливке крупных памятников, так как она отрицательно влияет на отделку и оксидировку готовых фигур, а также на появление естественной патины. Ликвацию можно предотвратить путем добавления в сплав в небольших количествах цинка, фосфора и некоторых других компонентов, а также путем быстрого охлаждения отливки. Однако излишние прибавки цинка отрицательно влияют на цвет бронзы и способность покрываться естественной патиной.

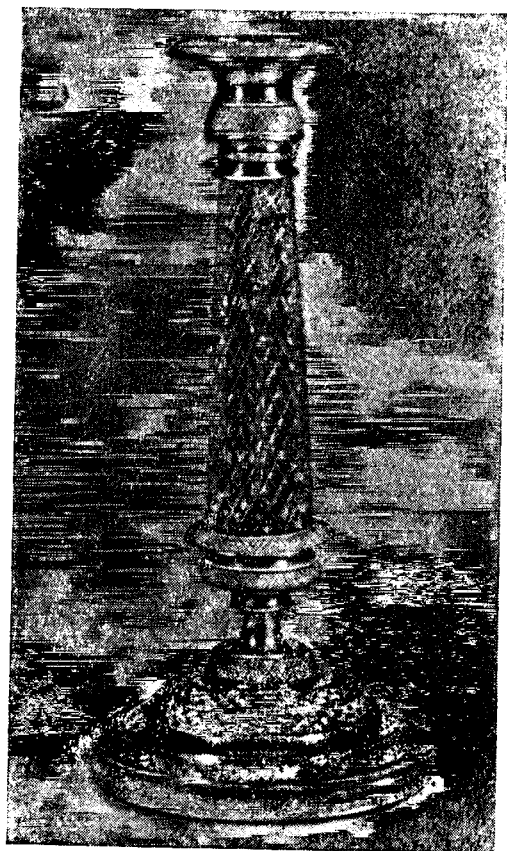


Рис. 13. Подсвечник из золоченой бронзы с хрусталем [XIX в.]

Цвет бронзы с увеличением процентного содержания олова изменяется от красного при содержании в ней меди не менее 90% в желтый при содержании меди не менее 85%, в белый — при 50% и в серо-стальной — при содержании меди менее 35%.

При содержании олова до 3% бронза весьма пластична в холодном состоянии. При содержании олова 5% бронза куется только в состоянии красного каления.

Современные художественные бронзы являются материалом для литья памятников и монументальных скульптур. В экстерьере северного климата бронза является прекрасным материалом, исключительно долговечным, не подвергающимся атмосферным влияниям и стойким против механических повреждений, а также хорошо противостоящим действию морозов. По своим цветовым качествам бронза одинаково хорошо смотрится и на открытом пространстве в условиях городской площади, в зелени сквера или парка.

Бронза хорошо передает энергичные мужественные фигуры в сильном движении, причем они не нуждаются в подпорках. Несмотря на огромный вес фигур, скульптор может свободно решать сложные в пространственном отношении композиции, например, ставя скачущего коня на дыбы. Бронза одинаково хорошо воспроизводит и обнаженные тела, и драпировки, а также различные атрибуты и орнамент.

Наряду с изделиями для экстерьера бронза широко применяется для отливки высокохудожественных предметов убранства общественных интерьеров — театров, дворцов, залов, например, больших люстр, бра, канделябров, торшеров и других предметов.

Начиная с XVIII в. появляется золоченая бронза. Люстры, канделябры, торшеры, декоративные вазы из золоченой бронзы в комбинации с граненым хрусталем (рис. 13), полированным камнем и цветным стеклом играли немаловажную роль в общем художественном решении дворцовых интерьеров (залов Кремлевского дворца, Эрмитажа и др.).

Кроме оловянистых бронз, в настоящее время наша промышленность выпускает специальные безоловянистые бронзы. В составе этих сплавов нет олова — оно заменено алюминием, цинком, свинцом, кремнием, никелем, марганцем и другими элементами. Безоловянистые бронзы отличаются целым рядом новых механических и технологических свойств, и во многих отношениях значительно превосходят оловянистые бронзы. Так, например, марганцевая бронза отличается высокой жаропрочностью; кремнистые бронзы с добавкой никеля или бериллиевые бронзы получают свойство закаливаться и по прочности не уступают стали. Однако в области художественной промышленности они почти не применяются, а идут на изготовление различных деталей технического и специального назначения.

§ 12. АЛЮМИНИЙ И МАГНИЙ

Алюминий. Этот металл был впервые открыт Велером в 1827 г. В промышленность он вошел с 1845 г. Алюминий самый распространенный металл в природе — он составляет 7,45% всей земной коры. В количественном отношении он уступает только кислороду (49,5%) и кремнию (25,7%). Однако алюминий до сих пор не найден в чистом (самородном) состоянии. Он входит в состав глины, полевых шпатов, слюды и многих других минералов. Он добывается из боксита — руды, представляющей собой глину, содержащую до 40—70% окиси алюминия.

В настоящее время алюминий получается путем электролиза в специальных ваннах, где процесс протекает при высоких температурах (до 950°); при этом алюминий получается в жидком, рас-

плавленном состоянии. Еще недавно алюминий ценился очень высоко. Было время, когда его применяли в ювелирном деле как очень дорогой и редкий металл; кольцо, например, сделанное из алюминия, ценилось дороже золотого.

Алюминий — металл серебристо-белого цвета; он мягкий, пластичный, хорошо тянется и прокатывается в холодном состоянии. Его удельный вес 2,7 (т. е. он в три раза легче меди и в четыре раза легче серебра). На воздухе алюминий покрывается оксидной пленкой, предохраняющей металл от дальнейшего окисления (коррозии). Благодаря постоянно присутствующей оксидной пленке алюминий трудно поддается пайке и сварке, так как температура плавления окиси алюминия намного выше самого алюминия (температура ее плавления около 2050°). Температура плавления алюминия 660°; он кипит при 1650°. Алюминий легко растворяется в едких щелочах. Серная и азотная кислоты его медленно разъедают; в соляной кислоте он бурно растворяется; механической обработке (резанию) поддается хорошо; хорошо тянется в проволоку и прокатывается в листы. Особенно тонкие листы (фольгу) можно получить прокаткой при температуре 430°.

Чистый алюминий не обладает достаточными литейными свойствами, однако его сплавы, например силумин, имеют очень хорошие литейные свойства. Он жидкотекуч и его усадка не превышает 1,75%. Технический алюминий (различной степени чистоты от 96,5 до 99,7%) выпускается в виде листов, труб, фольги, проволоки, прутков, а также уголка, таврика и полосы.

Прочность чистого алюминия сравнительно невелика, но при легировании его различными добавками прочность может быть значительно повышена. Основными компонентами в сплавах, резко изменяющими свойства алюминия, являются кремний, медь, магний, цинк, а также железо, никель, марганец и хром, которые добавляются для повышения их прочности.

В настоящее время производится много различных алюминиевых сплавов. Они делятся на две группы:

1) деформируемые сплавы для обработки их механическими способами;

2) литейные сплавы, предназначенные для литья.

Художественные изделия из алюминиевых сплавов, как литейных, так и деформируемых, хорошо полируются до зеркального блеска, напоминающего никелированные поверхности. Они достаточно устойчивы и декоративны в полированном состоянии. Чистый алюминий устойчив против коррозии, а все виды сплавов менее устойчивы.

В настоящее время алюминий и его сплавы получают все большее применение в самых различных отраслях производства художественных изделий из металла. Его используют наряду с чугуном для крупных литых архитектурных деталей и скульптур,

Рис. 14. Декоративная
львиная маска — чекан-
ка по алюминию
[современная ра-
бота]



для различных предметов убранства интерьеров, которые теперь заменяют бронзовые украшения. Кроме того, алюминий применяется в области ювелирного производства, где он стал заменять серебро и золото.

На рис. 14 изображена алюминиевая декоративная львиная маска.

Магний. Этот металл по своему внешнему виду очень похож на алюминий и различить его можно только по удельному весу. Магний — самый легкий металл, имеющий промышленное значение. Его удельный вес 1,74; температура плавления 650° . По своим свойствам он значительно отличается от алюминия: он гораздо менее пластичен, его окисная пленка менее прочна, пориста и он легко корродирует. Магний устойчив к едким щелочам, но растворяется в кислотах. Он весьма распространен в природе — около 2,25% всей земной коры. Сырьевое значение в металлургии магния имеют углекислые (магнезит) и хлористые (бишофит) соединения магния.

В качестве сырья для получения магния используются также отходы, остающиеся при выварке поваренной соли. Впервые маг-

ний как химическое вещество был получен в 1808 г., (а металлический магний — в 1830 г.) т. е. до открытия алюминия. Магний обладает большой активностью к кислороду — он легко самовозгорается и горит с ярким белым свечением.

Магний в чистом виде применяется только в пиротехнике и при фотографировании для получения световых эффектов. Как конструкционный материал он применения не имеет из-за своих низких механических свойств. В основном магний идет для приготовления легких сплавов. Магниевого сплавы, подобно алюминиевым, разделяются на литейные и деформируемые.

Литейные сплавы состоят из магния, алюминия и марганца, иногда к ним добавляется цинк. В последнее время применяются также добавки меди и кадмия. При нагревании свыше 700° магний легко окисляется и воспламеняется, поэтому при изготовлении сплавов применяются флюсы, защищающие расплавленные сплавы от соприкосновения с воздухом. Состав флюсов сложен — это хлористые и фтористые соли щелочных и щелочно-земельных металлов в различных соотношениях.

Деформируемые сплавы — сплавы, обрабатываемые механическими способами, по химическому составу незначительно отличаются от литейных. Они обычно имеют те же добавки, но в меньших количествах. Эти сплавы применяются для штамповки, прессования и прокатки. Они обрабатываются в нагретом до $300\text{—}400^{\circ}$ состоянии. Сплавы способны закаливаться с охлаждением на воздухе.

В области художественной промышленности магниевые сплавы только начинают применяться для изготовления промышленных изделий, предназначенных для интерьера. Следует отметить, что отливки из магниевых сплавов очень хорошо меднятся и лагунируются гальваническим способом и после соответствующей отделки они весьма декоративны. Особым достоинством магниевых сплавов для художественных изделий является их малый вес — они почти в четыре раза легче бронзы, что очень существенно при изготовлении крупных изделий.

§ 13. НИКЕЛЬ И ЕГО СПЛАВЫ

Металлический никель был известен в Китае еще до нашей эры. Из особого никелевого сплава пактонга чеканились древнекитайские монеты. Сохранились древнеперсидские (Бактрийские) монеты, относящиеся ко II в. до н. э., также сделанные из никелевого сплава. Первоначально применение никеля было связано главным образом с ювелирным и монетным производством. Никель как химический элемент был открыт в 1751 г., однако в производстве художественных изделий он стал применяться только в самом конце XVIII и начале XIX вв.

Н и к е л ь — металл серебристо-белого цвета, с сильным блеском, не тускнеющий на воздухе. Удельный вес никеля 8,8; температура плавления 1455° ; он кипит при 3075° ; обладает магнитными свойствами; при температуре 360° магнитные свойства исчезают. Чистый никель не окисляется под влиянием атмосферного воздуха. В разбавленных серной и соляной кислотах он растворяется медленно, а в азотной очень быстро. В концентрированной азотной кислоте он пассивен.

Никель обладает большой химической стойкостью, тугоплавкостью, прочностью и пластичностью. Он принадлежит к малораспространенным в природе металлам и в самородном состоянии в земной коре не встречается; однако его обнаружили в метеоритах.

Чистый никель обозначается марками Н-1, Н-2, Н-3 и Н-4. В никеле всегда находятся различные примеси: кобальт, железо, медь, марганец и кремний, которые присутствуют в нем в небольших количествах; они не считаются вредными примесями, так как не оказывают плохих воздействий на его механические свойства.

К вредным примесям никеля относятся углерод, сера и кислород. Они ухудшают свойства никеля — пластичность и крепость. Углерод допустим в пределах до 0,3—0,4%; при более высоком содержании он начинает выделяться в виде графитовых включений и делает невозможной прокатку никеля в листы. Присутствие серы свыше 0,02% вызывает краснотомкость никеля при температуре 625° . Поэтому никель с повышенным содержанием серы не пригоден для горячей штамповки. Чистый никель хорошо штампуются, прокатываются и тянутся в проволоку, но плохо отливаются, так как в расплавленном состоянии он сильно поглощает газы и отливки получаются пористыми. Никель хорошо полируется, отделяется и тонируется.

В области художественных производств никель применяется главным образом для никелирования — для декоративных и антикоррозионных покрытий, а также для приготовления различных сплавов, заменяющих серебро в посудном, галантерейном, ювелирном производствах, и в монетном деле. В последнее время значительная часть добываемого никеля идет на легирование так называемых нержавеющей сталей, которые, в свою очередь, имеют применение в художественной промышленности.

На никелевой основе изготавливается значительное количество специальных сплавов, применяемых в самых различных отраслях народного хозяйства, — нихром, константан, никелин, манганин, алюмель, хромель и др. Эти сплавы применяют для приготовления высокоомной проволоки; сплав инвар («неизменяемый»), состоящий из 36% никеля и 64% железа, применяется для эталонов линейных мер, так как его коэффициент линейного расширения равен всего 0,0000001.

Своеобразными свойствами отличается сплав платинит, содержащий 50% никеля и 50 железа. Коэффициент расширения этого сплава очень близок к коэффициенту расширения стекла. Поэтому он с успехом применяется для выделки оправ к стеклам в тех случаях, если изделие подвергается нагреву. Иногда детали из платинита запаивают в стекло. Свое название «платинит» он получил благодаря сходству его по внешнему виду с платиной.

В области художественной промышленности — в ювелирном, галантерейном и посудном производстве применяются сплавы, имитирующие серебро. Наиболее древним из них, как уже указывалось, является пактонг — белая китайская медь, в состав которой входит 40,4 меди, 25,4 цинка, 31,6 никеля и 2,6% железа.

Древний персидский никелевый сплав состоял из 78% меди, 20% никеля, а также 1,0% железа и около 0,5% кобальта и других примесей и применялся для чеканки монет.

С середины XVIII в. и особенно в XIX в. широкое применение получил сплав мельхиор. Он тверже серебра, хорошо полируется, имеет серовато-белый цвет. В зависимости от назначения мельхиора его состав различен. По содержанию элементов можно выделить следующие разновидности этого сплава:

1) 60 меди, 20 цинка и 20% никеля — сплав, применявшийся для отливки различных декоративных предметов: подсвечников, канделябров и др.;

2) 50 меди, 25 цинка, 25% никеля — сплав, наиболее похожий на серебро; имеет белый цвет, достаточно ковкий и пластичен;

3) 50 меди, 20 цинка, 30% никеля — этот сплав очень ковкий, хорошо полируется;

4) 40,5 меди, 25,5 цинка, 31,5 никеля, 2,5% железа — несколько измененный китайский сплав — пактонг;

5) 55 меди, 16 цинка, 24 никеля, 3 олова, 2% железа — так называемый белый металл, применяемый для выделки ложек, вилок и т. п.

Эти сплавы, кроме мельхиора, назывались также «новым серебром», аргентаном и альфенилом (в состав последнего входило до 2% серебра). Они широко применялись в Западной Европе и России для производства различных художественных изделий.

В настоящее время в Советском Союзе производится два никелевых сплава, применяемых в художественной промышленности:

1) мельхиор (НМ 81), содержащий 81 меди и 19% никеля;

2) нейзильбер (НМЦ 65-20), содержащий 65 меди, 20 цинка и 15% никеля.

Оба этих сплава обладают достаточной коррозионной стойкостью, прочностью и пластичностью. Они хорошо прокатываются в листы, чеканятся, штампуются и полируются; легко принимают красивую разнообразную отделку и различные оттенки при



Рис. 15. Насечка мельхиором по дереву
[художник Н. Скубенко]

воздействию растворов гипосульфита натрия и уксуснокислого свинца.

На рис. 15 показана крышка деревянной коробочки, украшенная насечкой из мельхиора.

Кроме того, два других никелевых сплава применяются в качестве так называемых стальных припоев: сплав из 38 меди, 50 никеля и 12% цинка — тугоплавкий припой, и сплав из 35 меди, 8,5 никеля и 56,5% цинка — легкоплавкий припой. Эти припои могут применяться для пайки высокохудожественных стальных изделий вместо медных припоев. Цвет стальных припоев хорошо подходит к цвету стали, и швы на готовом изделии остаются незаметными.

§ 14. цинк

Сплавы цинка были также известны человеку с глубокой древности. Они изготовлялись египтянами, китайцами и индусами еще до нашей эры и ввозились в Европу. Однако получение цинка в чистом виде относится к значительно более позднему времени, т. е. к XV—XVI вв. Возможно, что цинк был известен древним египтянам, но сведения о нем впоследствии утратились.

Для производства художественных изделий цинк начал применяться только с XVIII в., а художественное цинковое литье еще позднее — с XIX в.

Чистый цинк имеет серовато-белый цвет с синеватым оттенком. На свежем изломе он имеет характерный блеск, быстро тускнеющий на воздухе. Удельный вес литого цинка 6,9, катаного

7,2. В холодном состоянии цинк хрупок и легко разбивается молотком, при нагреве до $100\text{--}150^\circ$ становится вязким и пластичным, легко куется, катается в тонкие листы и вытягивается в проволоку. При нагреве выше 150° пластичность вновь исчезает, а при 250° он становится настолько хрупким, что может быть измелен в порошок.

При температуре 419° цинк плавится; начиная с 500° на воздухе он сгорает, образуя окись; кипит при 930° . В сухом воздухе цинк не изменяется, во влажном он быстро покрывается прочной окисной пленкой и приобретает тусклый синевато-серый цвет. Окисная пленка очень прочная и надежно предохраняет его от дальнейшей коррозии. При накаливании на воздухе цинк загорается и горит с ослепительным блеском.

В серной, соляной, азотной, уксусной и других кислотах цинк растворяется. В щелочах (едком натре и едком кали) цинк также растворяется с выделением водорода. В зависимости от температуры, при которой отлит цинк, величина кристаллов в нем резко изменяется — чем выше перегрет цинк, тем кристаллы крупнее. Благодаря своеобразному типу кристаллической решетки (гексагональной), цинк обладает различными свойствами в зависимости от направления прокатки. Вдоль прокатки он имеет сопротивления на разрыв меньше чем поперек прокатки (у меди наоборот).

Цинк плохо обрабатывается режущими инструментами (напильник забивается); при нагревании сильно расширяется — значительно сильнее, чем все другие металлы (коэффициент линейного расширения равен 0,0000219). В чистом виде цинк применяется в различных областях народного хозяйства, например в полиграфической промышленности при изготовлении различных клише для печати, в химической промышленности для производства цинковых белил. Благодаря высокой коррозионной стойкости он применяется для покрытия стальных листов (цинкованное железо) и т. п.

В области прикладного искусства цинк применяется главным образом в чистом виде, а также в сплавах. Начиная с XVIII в. из листового цинка выполнялись техникой дифовки и чеканки с последующей монтировкой крупные декоративные скульптуры, барельефы и другие архитектурные украшения. Например, барельефы на памятнике — часовне у Ильинских ворот в Москве выполнены из цинка по модели скульптора В. О. Шервуда.

В конце XIX в. широкое применение в художественной промышленности получает цинковое литье. Благодаря высокой жидкотекучести цинка из него выполнялись очень тонкие ажурные работы. Особенно широко цинковое литье применялось для производства недорогой осветительной арматуры: подсвечников, подставок для ламп, настенных бра, канделябров и т. п. Эти изделия тонировались под бронзу или золотились. Кроме того,

литьем исполнялись и круглые декоративные скульптуры, которые отливались по частям и затем спаивались оловянно-свинцовым припоем.

В художественной промышленности применяются также и сплавы, содержащие цинк, например, латунь и нейзильбер (рассмотренные выше). Особый интерес представляют легкоплавкие цинковые сплавы для литья под давлением и в кокили. Они дают высокую производительность и экономичность, благодаря малому износу форм. В настоящее время эти сплавы применяются для литья самых различных деталей, в том числе и художественных изделий. Например, декоративные элементы (эмблемы, марки) на автомашинах, холодильниках и т. п.

Химический состав легкоплавких цинковых сплавов следующий:

1) сплав повышенной прочности состоит из 93% цинка, 4% алюминия и 3% меди;

2) сплав средней прочности состоит из 95% цинка, 4% алюминия и 1% меди.

В эти сплавы добавляют 0,03% магния, который предохраняет изделия из этих сплавов от растрескивания.

Существуют и другие аналогичные сплавы. Однако недостатком некоторых из этих сплавов является:

1) низкая коррозионная стойкость, что ограничивает их применение только для условий интерьера;

2) способность с течением времени увеличиваться в размерах и деформироваться.

Эти изменения вызываются внутренними превращениями, связанными с распадом твердого раствора меди и алюминия. Кроме того, в настоящее время цинк часто применяется в качестве гальванических покрытий для увеличения коррозионной стойкости изделий, а также как подслои при лакокрасочных покрытиях по стали.

§ 15. СВИНЕЦ И ОЛОВО

Свинец был известен человечеству еще в глубокой древности. Его знали египтяне, финикийцы, греки и другие народы. Он легко выделяется из соединений и довольно широко распространен в природе. В самородном состоянии свинец встречается редко. Основной рудой для получения свинца служит свинцовый блеск, или галенит, — сернистое соединение свинца.

Свинец на свежем разрезе синевато-серого цвета, быстро тускнеет на воздухе, покрываясь пленкой окиси. Его удельный вес 11,9; температура плавления 327°; температура кипения 1525°. Свинец — наиболее мягкий и вязкий из всех металлов; он легко прокатывается, штампуется, прессуется, а также хорошо

отливается. В сухом воздухе свинец не изменяется, но во влажном воздухе на его поверхности образуется пленка сначала окиси, а затем гидрата окиси, которая частично растворяется в воде. Поэтому под переменным воздействием воздуха и воды свинец постепенно разрушается. Однако это происходит очень медленно.

Свинец хорошо сопротивляется действию соляной и серной кислот, а в азотной кислоте он растворяется. Против едких щелочей свинец также не стоек.

В прошлом свинец довольно широко применялся в различных областях прикладного искусства. Например, в средневековой Англии и Франции он применялся для крыш, водосточных труб, дворцов и соборов. Эти изделия выполнялись с большим мастерством, украшались рельефным орнаментом — изображением птиц и зверей. Особенно широко применялся свинец для соединения цветных стекол в готических витражах.

Из свинца и его сплавов выделялась художественная посуда, а также предметы домашнего обихода — гребни, ложки и т. п. Иногда из него отливали скульптуры и декоративные детали архитектуры. Например, знаменитый Петергофский «Самсон, раздирающий пасть льва», первоначально был отлит из свинца (1714 г.) и простоял до 1798 г., после чего был заменен бронзовым. В нишах Петропавловской крепости сохранились две статуи Марса и Венеры, также отлитые из свинца.

В XX в. свинец употребляли для отливки декоративных элементов на железных оградах, воротах (ограда в Костяинском переулке в Москве) и т. п. Свинец употреблялся как составная часть хрусталя для повышения его блеска, а также для усиления яркости цвета и блеска при варке художественных эмалей и смальты. Сейчас в этих производствах свинец заменяется калием и другими элементами, не обладающими такими ядовитыми свойствами, как свинец.

Свинец и его соли очень ядовиты — они вызывают так называемые явления сатурнизма. Поэтому при использовании свинца и его солей для художественных целей следует быть осторожным и выполнять требования и правила охраны труда и техники безопасности.

В настоящее время чистый свинец как материал для производства художественных изделий не применяется и заменяется другими металлами и сплавами. Категорически запрещается применять свинец для выделки различной посуды и изделий домашнего быта в виду возможности отравления металлическим свинцом и его солями.

В современной художественной промышленности свинец используется как составная часть легкоплавких сплавов, идущих на неотъемлемое декоративное литье, а также мягких оловяно-свинцовых припоев для пайки стальных и медных художествен-

Рис. 16. Ажурное оловянное
литье
[XVII в.]



ных изделий. В небольших количествах свинец входит в состав медных сплавов бронзы и латуни.

О л о в о принадлежит к числу металлов, также известных человеку в глубокой древности. Египтяне знали его за 3—4 тысячи лет до н. э. Оно было известно в античное время и применялось для чеканки монет и изготовления сосудов. В природе олово находится в виде кислородного соединения (оловянного камня) и значительно реже в соединениях с серой и железом.

Олово имеет серебристо-белый цвет, но темнее серебра. Его удельный вес 7,3. Это мягкий и вязкий металл, немного тверже свинца. В холодном состоянии он легко прокатывается в самые тонкие листы, но проволока из него легко рвется.

Олово плавится при температуре 232° , кипит при 2200° ; в пределах температур 160 — 200° олово становится хрупким. На воздухе оно не окисляется, в воде окисляется очень медленно. Оно обладает хорошей коррозионной устойчивостью, благодаря появлению пассивной окисной пленки. Это используется для приготовления белой жести, т. е. луженой тонколистовой стали. При сильном охлаждении олово теряет металлические свойства и переходит в серый порошок — «серое олово». Это явление, носящее название «оловянной чумы», происходит в связи с изменением кристаллической решетки (из тетрагональной в кубическую), вызывающим значительное увеличение объема, сопровождаемое сильными внутренними напряжениями, приводящими к рассыпанию металла в порошок. Сначала «оловянная чума» появляется в виде отдельных серых пятен, распространяясь при дальнейшем охлаждении по всему предмету. Предохранить или остановить распространение явления можно путем нагрева изделия выше $+18^{\circ}$.

В древней Руси, начиная с XVI в., а также в XVII и XVIII вв. олово применялось для тонкого художественного литья, которое

употреблялось для внутренней отделки зданий, а также для бытовых вещей. Примером таких изделий может служить хранящаяся в музее «Коломенское» замечательная девятишатровая надпрестольная сень из Московской Гребневской церкви, богато украшенная оловянным литьем, а также росписью по слюде и золоченой деревянной резьбой. Ажурное оловянное литье применялось в качестве декора иконостасов, дверей, подвесных и выносных фонарей и т. п. (рис. 16).

В настоящее время чистое олово в художественной промышленности не применяется. Оно используется для сплавов с медью, со свинцом — припои, которые широко применяются при изготовлении художественных изделий из черных и цветных металлов и сплавов. Кроме того, олово в сплавах со свинцом, сурьмой, висмутом, ртутью, кадмием и другими легкоплавкими металлами применяется для мелкого художественного литья.

Из олова получается также двусернистое олово, представляющее собой блестящую массу, очень похожую по цвету на золото. Это вещество под названием «серного золота», «муссивного» или «сусального золота» в виде тончайших листков или порошка применяется для отделки под золото различных металлических, деревянных или гипсовых изделий. Двусернистое олово очень стойко и надолго сохраняет блеск при применении его не только в интерьере, но и в экстерьерных условиях.

§ 16. ПРОЧИЕ ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Кроме уже рассмотренных металлов и сплавов, являющихся основными материалами в производстве художественных металлических изделий, в этом производстве используется целый ряд других металлов, также относящихся к группе цветных металлов. Однако они не применяются как материалы, из которых производятся художественные изделия, а имеют лишь косвенное отношение к производству этих изделий. Одни из них применяются как добавки к сплавам для получения определенных механических и технологических свойств (например, висмут и кадмий для понижения температуры плавления легкоплавких сплавов, марганец для повышения твердости стальных сплавов и т. п.), другие — как вспомогательные материалы при различных технологических процессах (например, ртуть при амальгамном золочении, сурьма при оксидировке латунных изделий, хром для покрытия стальных деталей и т. п.).

Следует отметить, что в настоящее время в различных областях прикладного искусства применяются в той или иной мере почти все из известных металлов, однако здесь рассмотрены наиболее употребительные из них.

Висмут — блестящий металл серовато-белого цвета с красноватым оттенком. Его удельный вес 9,75; температура плавления 271°; температура кипения 1430°. Он применяется в качестве основного компонента при изготовлении следующих легкоплавких сплавов:

1) сплав Вуда плавится при 68°; его состав: олово 12,5, свинец 25, ртуть 12,5, висмут 50 %;

2) «легкоплавкий» сплав плавится при 70°; его состав: олово 16,5, свинец 30, кадмий 9, висмут 44,5 %.

Эти сплавы можно заливать даже в гипсовые формы, приготовленные с добавлением тонкопросеянного толченого кирпича. Эти сплавы обладают хорошей жидкотекучестью и малыми литейными усадками; они легко и хорошо отделяются гальваническим способом (латунированием, серебрением, золочением), а также хорошо покрываются «сусальным» золотом или «поталью».

Висмут — вредная примесь для медных сплавов латуни и бронзы, так как он сообщает им хрупкость. Отличительной чертой висмутовых сплавов является легкоплавкость и хрупкость. Достаточно небольшой примеси висмута, чтобы уничтожить ковкость сплава. Даже следы его делают золото ломким. Кроме того, он значительно увеличивает твердость мягких металлов, например, олова и свинца, даже при небольших добавках.

Ртуть — единственный жидкий металл при обыкновенной температуре; она известна человечеству с глубокой древности. Удельный вес — 13,6. Температура плавления минус 39°, температура кипения 357°. Металлическая ртуть, ее пары и все соединения очень ядовиты — например, 0,18 г сулемы (хлористое соединение ртути) является смертельной дозой для человека.

В художественной промышленности ртуть применяется в качестве добавок в легкоплавкие сплавы, а также для приготовления золотой и серебряной амальгамы, употребляемой при огневом золочении и серебрении. При помощи ртути отделяют самородное золото от примесей.

Хлористые (сулема) и азотнокислые соединения ртути применяют в качестве водных растворов при подготовке медных изделий перед серебрением.

Титан — блестящий, серебристого цвета металл, не тускнеющий на воздухе. Он отличается высокой химической стойкостью — не корродирует даже в морской воде. Его удельный вес 4,5. Температура рекристаллизационного отжига 650°. Температура плавления 1668°. Его преимущества — высокая прочность, сочетаемая с легкостью.

Вредными примесями титана и его сплавов являются азот, кислород и углерод. Азот и кислород, повышая прочность, очень резко снижают пластичность; их содержание допустимо: азота не более 0,25 %, кислорода не более 0,50 %. Углерод затрудняет

обработку резанием, давлением и сварку титана и его сплавов. Поэтому примесь углерода не должна превышать 0,15%.

Наиболее распространены сплавы титана с алюминием (4—5%) и хромом (2—3%) или с алюминием (5—6%) и ванадием (3—4%). Существуют также сплавы с молибденом, железом, марганцем. Эти сплавы выпускаются в виде различных полуфабрикатов: листов, полос, плит, прутков, сортового проката, труб и проволоки.

Титановые сплавы применяются в химической, машиностроительной и авиационной промышленности. Из них изготавливаются резервуары, трубопроводы для кислот и активных газов. Кроме того, титановые сплавы используются в качестве жаропрочных материалов при рабочих температурах до 500°.

Недостатком некоторых титановых сплавов является необходимость их подогрева при штамповке, гибке, и т. п., а также возможности использования дуговой сварки только в среде нейтральных газов (аргона, гелия). Однако роликовая и точечная сварка возможны и без защиты нейтральными газами.

Первым опытом применения титана для художественных целей является высотный монумент, увенчанный космической ракетой, установленный в Москве у ВДНХ.

Кадмий — металл серовато-белого цвета, слегка синеватый, по своим свойствам занимающий среднее место между оловом и цинком. Он открыт в 1819 г. Подобно олову, прутки кадмия дают легкий треск при изгибе. Удельный вес кадмия 8,64; температура плавления 321°; температура кипения 773°.

В чистом виде кадмий обладает высокой устойчивостью против коррозии и применяется в качестве электролитических покрытий — кадмирования. Наиболее часто кадмируются стальные изделия, например, корабельная арматура и приборы для защиты от действия морской воды. Однако в атмосфере, содержащей сернистые газы, например, в больших городах, кадмиевые покрытия совершенно не пригодны ввиду их малой стойкости против сернистых соединений. Вследствие ядовитости кадмиевых солей, применение его для покрытия пищевой посуды недопустимо.

Кадмий обладает способностью проникать в поверхностные слои покрываемого им металла, образуя как бы своеобразный сплав.

Сурьма — блестящий, серебристо-белый металл, обладающий ясно кристаллическим изломом. Это наиболее хрупкий металл, легко обрабатываемый в порошок. Удельный вес сурьмы 6,71. Температура его плавления 630°; температура кипения 1440°.

В художественной промышленности применялся так называемый «британский металл», представляющий собой сплав из девяти частей олова и одной части сурьмы (иногда добавлялся свинец и медь). Из «британского металла» изготавливались чайники, кофейники и другие предметы. Металлическая сурьма в виде тонкого

черного порошка, носящего название «железной черни» применялась как краска для покрытия фигур из гипса, папье-маше и литых цинковых изделий. Хлористая сурьма под названием «сурьмяного масла» применяется для оксидировок стальных, латунных и бронзовых изделий.

Хром — металл светло-серого цвета. Он открыт в 1797 г., однако применяться как металл начал только с конца XIX и начала XX в. Удельный вес хрома 7,1; он хорошо полируется и долго сохраняет зеркальный блеск; температура его плавления 1615°; температура кипения 2200°. Хром — очень твердый, хрупкий металл, хорошо сопротивляется коррозии. Он применяется главным образом в качестве присадки при получении легированных сталей и чугунов. При значительных количествах хрома (свыше 12%) сталь становится нержавеющей и жаростойкой. Хромистые сплавы применяются для изготовления инструментов и высокоомной проволоки для нагревательных приборов.

В художественной промышленности хром применяется главным образом для гальванических покрытий черных металлов. Хромированные изделия и детали обладают красивым цветом и блеском и имеют современный вид. В настоящее время хромирование приобретает чрезвычайно широкое распространение: хромируются детали автомашин, велосипедов, холодильников, часов, авторучек и т. п. Исключительная прочность хромовых покрытий, оказывающихся прочнее и тверже закаленной стали, позволяет применять гальваническое хромирование не только как декоративное и антикоррозионное, но и весьма стойкое покрытие против истирания. Поэтому в настоящее время хромирование применяют при ремонте изношенных частей машин и приборов для восстановления их первоначального размера. Окись хрома идет на приготовление полировальной пасты, кроме того различные соединения хрома дают разнообразные краски (зеленую, изумрудную, желтую и др.). Свое название «хром», что значит по-гречески «цвет», этот металл получил благодаря разнообразной окраске его соединений.

Кобальт — металл серебристо-белого цвета с розоватым отблеском. Его удельный вес 8,7; температура плавления 1444°. Он растворяется в азотной кислоте и «царской водке»; стоек против серной и соляной кислот.

Кобальт применяется в качестве присадки при производстве быстрорежущих инструментальных сталей. В последнее время его начали применять в качестве гальванического покрытия вместе с серебром для ювелирных изделий. Покрытия серебро-кобальт более прочны, чем из чистого серебра.

Кроме того, в художественной промышленности кобальт применяется в виде кобальтовой сини, т. е. сплава закиси кобальта (сафлора) с поташем и кварцевым песком. Кобальтовая синь употребляется как краска для горячей эмали, стекла, фарфора и

фаянса, сообщая им красивый синий цвет. Кобальтовые синие краски были известны древним китайцам и египтянам. Кроме синих, из кобальта вместе с хромом и цинком получают зеленые и фиолетовые краски.

Вольфрам — наиболее тугоплавкий металл серебристо-стального цвета. Он открыт в 1781 г. Температура его плавления 3380° , а температура кипения 5830° ; удельный вес 19,3.

Вольфрам стоек против кислот. Широкое применение вольфрама в технике началось лишь с 1930 г. В чистом виде он идет на изготовление нитей радио- и электроламп. Он применяется также для изготовления инструментальных «самозакаливающихся» сталей, которые, благодаря присутствию вольфрама, обладают способностью закаливаться на воздухе. Они отличаются высокими механическими и режущими свойствами. Вольфрам является основным элементом для изготовления металлокерамических твердых сплавов.

Марганец — твердый, темного цвета металл. Его удельный вес 7,4; температура плавления 1230° ; температура кипения 2200° . Он применяется в доменном процессе при получении белого (передельного) чугуна, так как присутствие марганца задерживает выделение графита. Кроме того, он применяется как добавка при производстве специальных легированных сталей. Марганец уменьшает коробление стали при закалке, повышает режущие свойства и стойкость на истирание. Окислы марганца применяются как красители для получения горячих эмалей и цветного стекла фиолетового цвета, а также для приготовления красок (коричневых, фиолетовых и зеленых).

Молибден — тугоплавкий металл белого цвета. Его удельный вес 10,3; температура плавления 2625° .

Ванадий — также тугоплавкий металл, прочный на истирание; его удельный вес 6,0; температура плавления 1720° .

Тантал — металл серого цвета. Его удельный вес 16,6; температура плавления 2900° ; он занимает второе место после вольфрама по тугоплавкости.

Последних три металла применяются для улучшения свойств легированных сталей.

К драгоценным металлам относятся: серебро, золото и платина; кроме того, к ним можно отнести остальные металлы платиновой группы — палладий, рутений, родий, осмий и иридий. Однако они в художественной промышленности не используются, за исключением палладия, который сравнительно недавно стал применяться в ювелирной промышленности.

Раньше эти металлы назывались «благородными» в отличие от «неблагородных», к которым относили черные и цветные металлы. Эта терминология основывалась на степени химической стойкости и главным образом на способности образовывать окислы. По существу эти термины отражали разделение вещей по благородству, которому приписывались произвольные свойства, и поэтому они являются отголосками старины.

Все драгоценные металлы отличаются высокой стоимостью. В Советском Союзе они состоят на особом учете, а их расходование на художественные цели строго планируется и контролируется.

§ 17. ПРОБА. ПРОБИРНЫЙ НАДЗОР

Драгоценные металлы — серебро, золото и платина отличаются очень высокой пластичностью и вязкостью и в то же время относительно малой прочностью. Поэтому в чистом виде они редко применяются для производства художественных изделий. Обычно драгоценные металлы используются в виде сплавов между собой или с добавкой меди.

Недрагоценные (медь) или драгоценные металлы, добавляемые в сплав, называются лигатурами. В настоящее время в качестве лигатур разрешается применять: в серебряных сплавах — медь; в золотых — медь, серебро, платину, палладий; в платиновых — медь, серебро, золото, палладий; в палладиевых — серебро, золото. Кроме того, в припои для драгоценных металлов в качестве лигатур добавляют цинк и кадмий. Такие сплавы носят название лигатурных, или пробных. Если относительное содержание драгоценного металла в сплаве велико, то его считают высокопробным сплавом, если, наоборот, мало, — то низкопробным. Пробой называется весовое содержание драгоценного металла в единице лигатурного сплава.

Пробы сплавов драгоценных металлов, из которых разрешается изготавливать изделия, устанавливаются в каждой стране законодательным путем. В настоящее время в большинстве стран общепринятой является метрическая система обозначения проб. В СССР она введена с 1926 г. По этой системе проба обозначается числом граммов золота, серебра, палладия или платины, содержащихся в 1000 г лигатурного веса сплава, т. е. чистому металлу соответствует проба — 1000.

В Англии и странах английского влияния, а также в Швейцарии сохранилась так называемая каратная система, по которой металл высшей чистоты отвечает 24 пробе.

В дореволюционной России расчет пробы исходил из фунта, т. е. 96 золотников, и выражался в 96 единицах сплава. Сейчас в СССР установлены следующие пробы:

для золота — 375, 500, 583, 750, 958;

для платины — 950;

для серебра — 800, 875 и 916;

для палладия — 500 и 850.

В табл. 13 приведено сравнение проб различных систем.

Для перевода русской (золотниковой) пробы в метрическую пользуются следующей формулой:

$$X = \frac{1000a}{96} = \frac{125 a}{12}.$$

Для перевода каратной пробы в метрическую служит формула

$$X = \frac{1000 s}{24} = \frac{115 s}{3}$$

где X — метрическая проба;

a — русская (золотниковая) проба;

s — каратная проба.

Проба изделия гарантируется постановкой на них специального государственного клейма (весьма малых размеров). Накладывание пробирных клейм было введено впервые во Франции в

Обозначение проб в различных системах

Система обозначения			Характеристика сплавов
Метрическая	Русская (старая)	Каратная	
1000	96	24	Химически чистое золото, серебро, палладий
958	92	23	Высокопробный сплав золота
950	(91,2)	(22,8)	Сплав для изготовления платиновых бытовых изделий
916	88	22	Высокопробный сплав для ювелирных изделий из серебра; британский золотой монетный сплав (916,6)
900	(86,4)	(21,6)	Международный золотой и серебряный монетные сплавы; применялись для чеканки золотой, а также серебряной монеты высокого достоинства (1 р. и 50 к.) в дореволюционной России и в СССР
875	84	21	Наиболее распространенный сплав для бытовых изделий из серебра в России и в СССР
850	—	—	Палладиевый сплав для ювелирных изделий
800	(76,7)	(19,2)	Сплав для бытовых серебряных изделий, широко распространен в Европе; в СССР практического применения не получил
750	72	18	Золотой сплав, имеющий мировое распространение, широко применяемый для изготовления дорогих ювелирных изделий
583	56	14	Золотой сплав, имеющий мировое распространение для изготовления ювелирных изделий
500	(48)	(12)	Серебряный сплав, применяемый для чеканки разменной монеты в 20, 15, 10, 5 коп. в дореволюционной России и в СССР до 1926 г., а также золотой сплав для изготовления дешевых ювелирных изделий
375	(36)	(9)	Золотой сплав, установленный в 1958 г. в РСФСР для изготовления дешевых ювелирных изделий
333	—	—	Золотой сплав для дешевых ювелирных изделий

В скобках указаны пробы, приводимые только для сравнения, но практически не применяемые.

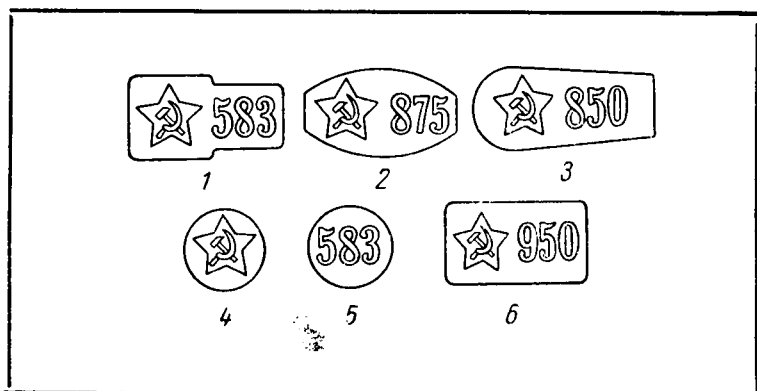


Рис. 17. Пробирные клейма:

1 — для золотых и платиновых изделий; 2 — для серебряных изделий; 3 — для изделий из палладия; 4 и 5 — для пломб; 6 — для книжек с сусальным золотом

XIII веке. В России в допетровскую эпоху известно было пробовање как золота, так и серебра. Золото русские купцы пробовали «с пожега и с взреза». Однако настоящие пробы впервые были введены в России указом Петра I от 13 февраля 1700 г. Сейчас в СССР пробирное клеймо состоит из трех элементов: эмблемы, трехзначного числа (обозначающего пробу изделия) и греческой буквы (шифра), присвоенного тому учреждению пробирного надзора, в котором изделие прошло контрольное испытание.

На рис. 17 изображены основные пробирные клейма: клеймо в виде лопатки 1 — предназначено для золотых и платиновых изделий; клеймо овальной формы с отсеченными краями 2 — для клеймления серебряных изделий; клеймо 3 — для изделий из палладия.

Высокохудожественные изделия с эмалью или сканью, на которые невозможно наложить клеймо, снабжаются привешенной к ним специальной пломбой, на обеих сторонах которой ставятся круглые клейма 4 и 5. Клеймо 6 предназначено для книжек с сусальным золотом.

Точное содержание драгоценного металла в изделиях определяется специальным контрольным учреждением — пробирной палатой и удостоверяется постановкой пробы в виде специального знака — клейма. Проба ставится на готовых изделиях, а также на слитках и полуфабрикатах (листах, лентах) из драгоценных металлов.

Проба была известна еще в античное время. Наиболее распространенным способом пробы у древних людей было испытание на пробирном камне, который греки применяли еще в IV в. до н. э.

Пробирный камень применяется и сейчас. Это черный очень плотный и твердый, не поддающийся действию кислот кремнистый сланец. По нему проводят черту золотым или серебряным изделием. По различному цвету черты опытный мастер может приблизительно определить пробу драгоценного сплава без анализа.

Для более точного определения рядом с этой чертой проводят другую пробирной иглой, сделанной из драгоценного сплава определенной пробы, близкой по цвету к исследуемому. Величина черт делается примерно 10—15 мм длиной и 2—3 мм шириной. Затем обе черты смачиваются специальным кислотным раствором, под действием которого их цвет изменяется. Если цвет обеих черточек после обработки их раствором — одинаков, то и содержание драгоценного металла в них одно и то же. Если же при сличении обнаруживается расхождение цвета, то анализ повторяют, предварительно проведя новую черту другой пробирной иглой соответственно с большим или меньшим содержанием драгоценного металла.

Для удобства работы на каждой игле указана соответствующая ей проба. При достаточном навыке этим способом можно довольно точно определить пробу испытуемого сплава. Так как цвет сплава зависит не только от количества содержащегося в нем драгоценного металла, а также и от состава лигатур, т. е. других металлов, добавленных в сплав, то пробирных игл, для той или иной пробы бывает несколько. Например для золотой 583 пробы число игл, различных по цвету, достигает 15 (от бледно-желтого до красного) в зависимости от состава лигатур (меди, серебра). Производство пробирных игл и реактивов для анализа осуществляется только органами пробирного надзора.

Существуют и более точные способы анализа, например, мuffleный метод, который применяется при производстве драгоценных сплавов определенной пробы. При изготовлении изделий из драгоценного металла необходимо точно соблюдать пробу. Отклонение (ремедиум) от установленных законом проб допускается лишь в минимальных пределах. Например, для изделий из сплавов палладия — не более ± 15 единиц пробы; платины — ± 10 ; золота — ± 5 ; серебра — ± 5 .

Для серебряных филигранных изделий, а также пустотелых, или с большим числом паек (например цепи) ремедиум увеличивается до ± 15 единиц пробы. Это обуславливается невозможностью взять пробу непосредственно от основного металла. Если при анализе содержание драгоценного металла оказывается меньше заявленной пробы и ошибка выходит за пределы допустимого отклонения, изделия или не допускаются к выпуску, или клеймятся специальным клеймом с буквами НП, что означает — «не соответствует пробе».

§ 18. СЕРЕБРО

Серебро — драгоценный металл белого блестящего цвета. Его удельный вес 10,53; температура плавления $960,5^{\circ}$; температура кипения 1955° ; имеет наивысшую отражательную способность из всех металлов — оно отражает 94% световых лучей. Серебро — самый теплопроводный и электропроводный металл, обладающий высокой пластичностью и ковкостью. Оно легко прокатывается в тончайшие листы до 0,00025 мм и вытягивается в очень тонкую проволоку; хорошо режется и полируется. Серебро тверже золота, но мягче меди. Вследствие мягкости чистое серебро употребляется в виде сплава с медью, а в древности также и в виде природного сплава с золотом — так называемого «электрума».

Серебро не окисляется на воздухе ни при обыкновенной температуре, ни при нагреве. Часто наблюдаемое потемнение серебряных изделий объясняется образованием черного сернистого серебра под влиянием воздействия серы или сероводорода, которые всегда присутствуют в воздухе (особенно в городе). Кипящие едкие щелочи на серебро не действуют. Серебро растворяется в азотной и горячей серной кислоте.

Серебро очень широко использовано в художественных изделиях из металла. Оно известно с глубокой древности (но все же оно «моложе» золота). Все великие очаги культуры имеют памятники, сделанные из серебра. Примером может служить крылатый серебряный козел (ручка вазы), отлитый в Иране в V—IV вв. до н. э. (рис. 18). Алхимики называли серебро Дианой или Луной. Оно довольно распространено в природе — встречается в самородном состоянии и в виде руды.

В художественной промышленности серебро используется для производства ювелирных изделий, дорогой художественной посуды, столовых приборов, сувениров, подарочных и других предметов, выполняемых чеканкой (§ 28), гравировкой (§ 33)



Рис. 18. Литой серебряный козел [ручка вазы]
[Иран V—IV вв. до н. э.]

или украшенных чернью (§ 35). Кроме того, чистое серебро в виде тончайшей проволоки служит материалом для филигранного производства (§ 38) и насечки по стали (§ 36). Чистое серебро является также материалом для дорогих художественных эмалированных изделий (§ 39), а также оно идет на аноды при серебрении и гальванопластическом наращивании серебряных копий (§ 40).

Наконец, серебро служит главным компонентом в серебряных твердых ювелирных припоях, которыми спаиваются не только серебряные, но и медные и латунные изделия. Эти припои отличаются наиболее высокими качествами (§ 41). Кроме того, серебро в качестве лигатуры используется при составлении золотых, платиновых и палладиевых сплавов и делает их более светлыми, а золотым сплавам придает зеленоватый оттенок.

§ 19. золото

Золото — очень красивый, драгоценный металл. Оно встречается в природе в самородном состоянии в виде песка, мельчайшей пыли или более или менее крупных кусков-самородков. Крупнейшие самородки весом 60—90 кг были найдены в Аргентине и Австралии (самый большой самородок, найденный в России, весил 48 кг). Самородное золото представляет собой природные сплавы с серебром (от 1 до 40%), а также со следами меди, железа и некоторых других металлов.

Большинство древних художественных изделий выполнены непосредственно из этих природных сплавов — электрумов, или электронов, например, сосуд из Куль-Обского кургана (V—III вв. до н. э.) (рис. 19).

Золото — тяжелый металл; его удельный вес — 19,32. Чистое золото в слитках отличается красивым, желтым цветом. Золотой порошок (получаемый осаждением золота из растворов) имеет цвет от красного до темно-фиолетового. Золотые сплавы в зависимости от лигатуры приобретают различные оттенки (цветное золото). Например, медная лигатура сообщает золоту красноватый оттенок, серебряная — зеленоватый. Примеси платины высветляют золото, делают его бледным, а при больших ее дозах сплавы совершенно обесцвечиваются и носят название «белое золото». Добавки железа придают золотому сплаву сероватые и синеватые оттенки, а добавки палладия — бурые и коричневатые. В очень тонких листах, применяемых при «сусальном золочении» (§ 49), золото просвечивает синевато-зеленым цветом.

Золото отличается очень высокой вязкостью, пластичностью и ковкостью. Из него можно получить листочки толщиной до 0,1 микрона и вытянуть тончайшую проволоку. Твердость золота невелика, в связи с этим оно употребляется в виде сплавов с медью и серебром, которые тверже чистого золота. Эти сплавы хорошо



Рис. 19. Куль-Обский сосуд —
чеканка по электрону
[V—III вв. до н. э.]

режутся, шлифуются и полируются. Температура плавления чистого золота 1063° , температура плавления сплавов — несколько ниже. При отливке чистое золото имеет большую литейную усадку; для золотых сплавов она меньше.

По теплопроводности и электропроводности золото лишь немного уступает серебру. На воздухе золото не окисляется даже при нагревании. Серная, соляная и азотная кислоты, а также едкие щелочи в отдельности на золото не действуют. Золото растворяется только в горячей «царской водке» (смеси одной части азотной кислоты с двумя частями соляной), а также в селеновой кислоте.

Золото растворяется в ртути, образуя амальгаму. Этим свойством пользуются при его добыче из золотоносных песков, при аффинаже и золотой наводке (см. § 37). Золото непосредственно соединяется только с хлором, бромом, йодом, мышьяком и фосфором. С большинством металлов оно легко образует сплавы.

С глубокой древности золото применяется для производства художественных изделий. На рис. 20 изображена золотая литая маска фараона Тутанхамона (Новое царство), представляющая собой образец искусства древнего Египта.

В настоящее время золото используется в ювелирной промышленности при изготовлении дорогих, уникальных филигран-

**Рис. 20. Золотая литая маска фараона
Тутанхамона
[Новое царство]**



ных изделий (§ 38), чеканке наградных медалей, а также при золочении различных металлических и неметаллических изделий. Кроме того, золото расходуется для приготовления припоя, для пайки золотых и платиновых художественных изделий.

§ 20. ПЛАТИНА И ЕЕ СПУТНИКИ

Платина — блестящий, ковкий металл. Она встречается в природе в самородном состоянии, но с примесью иридия, палладия, осмия, рутения и родия. Ее удельный вес 21, 37; температура плавления $1769,5^{\circ}$; температура кипения 3910° . На воздухе платина не изменяется даже при самом высоком нагреве. Отдельные кислоты на платину не действуют. Платина с трудом растворяется в кипящей «царской водке» (соляной кислоты пять частей и азотной три части).

Платина применяется в ювелирном деле — из нее изготовляют оправы для брильянтов и дорогие изделия — браслеты, серьги и т. п. Кроме того, платина используется для производства приборов и химической посуды. Для отделки художественных изделий под цвет платины применяется хлористая платина. Латунные изделия натирают хлористой платиной и они приобретают цвет и блеск, напоминающий сталь. Это покрытие очень прочно. Хлористая платина, растертая на скипидарном масле, применяется для платинирования стекла и фарфора — после обжига изделий

образуется металлический платиновый слой — прочный и красивый. Металлические художественные изделия можно покрывать платиной гальваническим способом (§ 58).

Палладий — один из легких металлов платиновой группы. По цвету он занимает среднее место между серебром и платиной — он темнее серебра и светлее платины. Его удельный вес 11,2; температура плавления — 1554°. Он открыт в 1803 г. По физическим и химическим свойствам палладий очень близок к платине. Палладий растворим в азотной кислоте и «царской водке» (смесь одной части азотной кислоты и двух частей соляной кислоты). Сероводород воздуха на него не действует, он не темнеет (как серебро) и поэтому применяется для шкал с тонкими делениями (астрономических приборов).

От платины палладий легко отличить действием йода (спиртового раствора). На платину йод не действует, а на палладии оставляет черный налет.

Палладий — вязкий и пластичный металл; он легко куется, прокатывается в тонкие листы и протягивается в тонкую проволоку. Палладий встречается в природе в большинстве платиновых руд в очень небольшом проценте (до 2%) в виде сплавов с другими металлами платиновой группы, и иногда в почти чистом состоянии.

В настоящее время палладий применяется в ювелирном производстве. Чаще всего для производства ювелирных украшений (колец, браслетов и др.) применяют его сплав с серебром и добавками никеля (850 проба). Кроме того, он используется в сплаве с золотом. В этом случае его добавка так же, как и добавка платины, обесцвечивает золотой сплав и образуется так называемое «белое золото». Иногда палладий добавляют в сплавы платины для придания им большей прочности и твердости.

Рутений — металл платиновой группы. По внешнему виду очень похож на платину, но отличается от нее хрупкостью и твердостью. Он открыт в 1845 г. профессором Казанского университета Клаусом при исследовании уральской платиновой руды. Его название происходит от рутения — что значит Россия.

Рутений обычно встречается как примесь к осмию и иридию. Его удельный вес 12,2; температура плавления 2450°. В художественной промышленности он не применяется. В технике применяется совместно с платиной в области точного приборостроения.

Родий — легкий металл платиновой группы, по цвету и блеску напоминающий алюминий. Свое название он получил от красного цвета своих солей. Его удельный вес 12,44; температура плавления 1966°. Он твердый и хрупкий, при нагревании приобретает некоторую пластичность. Кислоты и их смеси на родий не действуют.

В технике родий служит для производства термопар, химиче-

ской аппаратуры и благодаря своей высокой отражательной способности (до 80%) — при производстве оптических зеркал и рефлекторов. В последнее время родий приобретает значение как гальванопокрытие для ювелирных изделий. Достаточным считают слой в 0,1 мм. Иногда для большей прочности его осаждают по никелевому подслою.

И р и д и й — металл по внешнему виду и цвету напоминающий олово, но отличающийся от него высокой твердостью и хрупкостью. Он относится к «платиновым металлам». Он открыт в 1803 г. Свое название получил за различные окраски своих соединений. Его удельный вес 22,42. Температура плавления 2454°. Он не реагирует ни с кислотами, ни со щелочами, не действует на него и царская водка. Резанием обрабатывается с трудом ввиду его твердости. Только при белом калении он приобретает некоторую ковкость. Хорошо полируется и в таком состоянии напоминает сталь.

Сплав иридия с платиной в отношении 1 : 9 применяется для изготовления химической посуды (в чашках из этого сплава можно растворять золото в царской водке) и точных мерительных инструментов. Кроме того, иридий применяется для термопар (пара иридий и его сплав с рутением позволяют измерять температуру до 2200° С), хирургического инструмента и иногда в ювелирном деле.

О с м и й — один из самых твердых и тяжелых металлов. Он также принадлежит к группе платиновых металлов; открыт одновременно с иридием в 1803 г. Свое название осмий, что по-гречески означает «запах», получил за сильно пахнущие соединения (осмиевый ангидрид). Его удельный вес 22,48; температура плавления 2700°.

Осмий — блестящий синевато-серый металл, не растворим ни в кислотах, ни в царской водке. Применяется как добавка к платиновым сплавам для повышения их твердости и химической стойкости.

§ 21. ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ И ИХ СВОЙСТВА

В производстве художественных изделий из металла, особенно ювелирных украшений, постоянно используются, кроме металлов, также и неметаллические материалы, и в первую очередь драгоценные камни и их заменители.

Драгоценными камнями называются природные минералы, или искусственно выращенные кристаллы, отличающиеся яркой и разноцветной окраской, прозрачностью, блеском, высокой твердостью, химической стойкостью и некоторыми другими свойствами.

Драгоценные камни характеризуются высокой стоимостью, так как они в большинстве случаев очень редко встречаются в природе, а их получение и обработка очень трудоемки.

Химические свойства. По химическому составу драгоценные камни представляют собой самые обыкновенные и весьма распространенные в природе вещества; большая часть их относится к силикатам и окислам. Только один алмаз представляет собой простое вещество — кристаллический углерод.

Однако, несмотря на распространенность веществ, из которых состоят драгоценные камни, они отличаются весьма характерными признаками, выделяющими их среди других минералов. Прежде всего — это высокая химическая стойкость, нерастворимость (или малая растворимость) в кислотах и щелочах, а также высокая тугоплавкость. Например, кварц плавится при температуре 1625°; корунд — 2050°; циркон — 3000°; алмаз — 3600°.

Химическая стойкость обуславливает долговечность и сохранность драгоценных камней. Исключение составляют камни органического происхождения: янтарь, жемчуг, перламутр, коралл, гагат. Они легко подвергаются действию кислот, а также плавятся (янтарь) или обугливаются при накаливании и т. п.

Удельный вес. Это физическое свойство имеет существенное значение при определении драгоценных камней, а также для распознавания подделок. Наиболее легким из драгоценных камней является янтарь — его удельный вес 1,0—1,1; наиболее тяжелым — гематит (кровавик) — 4,9—5,3. Удельные веса остальных камней находятся в интервале от 1 до 5. В табл. 14 приведены удельные веса драгоценных камней.

Единицей измерения алмазов и некоторых других особенно ценных камней (изумруда, рубина, сапфира) служит карат, равный 200 миллиграммам. Остальные камни — поделочные и синтетические измеряются в граммах.

Твердость. Это одно из самых существенных механических свойств камня. Твердость обеспечивает стойкость и долговечность огранки камня, сохранность и четкость его граней и полировки (нестираемости). Твердость определяет также степень трудности обработки (гранения) камня. Широко распространенным способом определения твердости камней служит применение шкалы Мооса.

В последнее время для более точного определения твердости применяется метод, основанный на принципе вдавливания в испытуемый минерал алмазной призмы (по типу метода Бринелля) (см. § 2). Ниже в табл. 15 приведены твердости драгоценных камней по Моосу.

Цвет (окраска камня). Это свойство драгоценных камней является одним из наиболее существенных, особенно в ювелирном деле. Имеются следующие окраски камней:

1. Идиохроматическая, т. е. постоянная окраска камня

Таблица 14

Камни	Удельный вес	Камни	Удельный вес
Янтарь	1,0—1,1	Жемчуг	2,65—2,75
Гагат	1,35	Бирюза	2,6—2,8
Опал	2,19—2,2	Фенакит	2,95
Лазурит	2,3—2,8	Нефрит	3,0
Лунный камень	2,5	Эвклаз	3,05
Кардиерит	2,5—2,6	Турмалин	3,32
Обсидиан	2,5—2,6	Диоптаз	3,29
Агат	2,6	Жадеит	3,3
Гелиотроп	2,6	Хризолит	3,3
Халцедон	2,6	Алмаз	3,50—3,52
Хризопрас	2,65	Топаз	3,50—3,56
Цитрин	2,65	Шпинель	3,6
Аметист	2,65	Цианит	3,68
Раух-топаз	2,65	Александрит	3,6—3,7
Кварц	2,65	Гранат	3,6—3,8
Изумруд	2,67	Сапфир	4,06
Берилл	2,6—2,7	Рубин	4,08
Аквамарин	2,6—2,7	Альмандин	4,1—4,2
Циркон	4,3—4,7	Гематит	4,9—5,3

Таблица 15

Камни	Твердость	Камни	Твердость
Янтарь	2,5	Хризолит	6,5
Жемчуг	2,5—3,5	Халцедон	6,5
Гагат	3,5	Агат	6,5
Коралл	3—4	Сердолик	6,5
Малахит	3,5	Гелиотроп	6,5
Азурит	3,5—4	Жадеит	6,75
Диоптаз	5	Сподумен	6,5—7
Цианит	5—7	Кварц	7
Лазурит	5,5	Аметист	7
Гематит	5,5	Цитрин	7
Обсидиан	5,5	Раух - топаз	7
Опал	5,5—6,5	Хризопрас	7
Нефрит	5,75	Турмалин	7,25
Бирюза	6	Кардиерит	7,25
Лунный камень	6	Эвклаз	7,5
Гранат	6,5	Циркон	7,5
Берилл	7,75	Топаз	8
Аквамарин	7,75	Александрит	8,5
Изумруд	7,75	Рубин	9
Фенакит	7,75	Сапфир	9
Шпинель	8	Алмаз	10

(от греческого слова «идиос» — собственный и «хромос» — цвет), свойственная данному химическому составу минерала. Например, зеленая окраска, присущая малахиту (водной углекислой соли меди). Идиохроматическая окраска характерна для группы поделочных или цветных камней (цветников).

2. Аллохроматическая, т. е. чужая, изменчивая (от греческого слова «аллос» — иной, чужой). Она не связана непосредственно с химическим составом камня и зависит от примесей в нем какого-либо элемента, присутствующего иногда в ничтожных количествах. Например, корунд (белый сапфир), представляющий собой чистую окись алюминия, — бесцветен и прозрачен, однако примесь окиси хрома придает ему красную окраску и такой камень называется рубином. Точно также соединение железа и титана окрашивает корунд в синий цвет, и тогда камень называют сапфиром.

Это явление связано с особыми свойствами атомов некоторых элементов обуславливать окраску камней (и других веществ и материалов). Такие элементы называются хромофорами, т. е. носителями окраски. К ним относятся: железо, хром, марганец, титан, ванадий, кобальт, никель, медь, а также вольфрам и некоторые другие. Кроме того, эти свойства обнаружены и у лантаноидов (редкоземельных элементов).

Аллохроматическая окраска характерна для прозрачных камней, объединяемых в группу самоцветов (собственно драгоценных).

Цвет камня является одним из главнейших признаков при его определении. Камни обладают бесконечным разнообразием цветовых оттенков по тону, интенсивности окраски и т. п. Некоторые камни изменяют свой цвет в зависимости от дневного или искусственного освещения. Например, александрит при дневном свете имеет темно-зеленый цвет, а при искусственном становится малиново-красным.

Очень красивый при дневном свете розовый турмалин (рубелит) при искусственном освещении теряет свою красоту, становясь тусклым и темным. Наоборот, уральский густо-фиолетовый аметист при электрическом освещении приобретает кроваво-красный отблеск и становится еще красивее. У некоторых камней окраска непостоянна и со временем изменяется, выцветает. Например, очень красивый винно-желтый фенаkit на солнце быстро выгорает и становится бесцветным. Теряют интенсивность окраски и некоторые изумруды, иногда выцветают топазы и т. п.

По данным академика А. Е. Ферсмана, наиболее часто в природе встречаются драгоценные камни зеленого цвета, затем желтого и зелено-желтого; реже — бесцветные, красные и красно-бурые; еще реже черные и металлически-серые и, наконец, совсем редко синие и фиолетовые.

Таблица 16

Зеленые	Желтые	Бесцветные	Красные	Черные и серые	Синие и фиолетовые
Изумруд	Янтарь	Алмаз	Рубин	Халцедон	Сапфир
Александрит	Цитрин	Топаз	Гранат	Гагат	Цианит
Турмалин	Циркон	Кварц	Турмалин	Гематит	Лазурит
Хризолит	Фенакит	Опал	Шпинель	Обсидиан	Бирюза
Берилл	Турмалин	Лунный камень	Коралл	Шерл	Кордиерит
Аквамарин	Берилл	Жемчуг	Альмандин	Агат	Аметист
Эвклаз Диоптаз Хризопрас Геллотроп Жадит Сподумен Малахит	Топаз Сердолик	Циркон	Орлец		

В табл. 16 основные драгоценные камни распределены по цвету.

Оптические свойства. К оптическим свойствам относятся: прозрачность, показатель преломления, критический угол, коэффициент дисперсии (светорассеяния). Совокупность этих свойств обуславливает блеск и игру («огонь») камня.

По прозрачности камни условно делятся на три группы: прозрачные, просвечивающие и непрозрачные.

В прозрачных камнях блеск усиливается благодаря полному внутреннему отражению (отражению света от внутренних поверхностей).

Преломлением называется отклонение светового луча от своего первоначального направления при переходе его из воздушной среды в камень (и обратно). Оно характеризуется отношением скорости света в пустоте к скорости света в данной среде — показателем преломления. Чем больше показатели преломления, тем сильнее блеск камня. Ниже в табл. 17 приведены показатели преломления некоторых самоцветов.

Критическим углом называется угол, при котором происходит переход от преломления к полному внутреннему отражению. Он образуется между направлением луча света и нормалью и зависит от показателя преломления. Чем больше показатель преломления, тем меньше критический угол, при котором происходит полное внутреннее отражение, и тем сильнее кажется блеск камня. Например, сверкание бриллианта обусловлено тем,

Таблица 17

Камни	Показатели преломления	Камни	Показатели преломления
Алмаз	2,46	Эвклаз	1,67—1,65
Циркон	1,97—1,92	Турмалин	1,64—1,62
Гранат	1,90	Топаз	1,63—1,62
Корунды (рубин, сапфир)	1,77—1,76	Берилл (изумруд, аквамарин)	1,58—1,57
Альмандин	1,77	Кварц (аметист, цитрин, раух - топаз)	1,56—1,55
Александрит	1,76—1,75	Кордиерит	1,55—1,54
Цианит	1,73—1,71	Обсидиан	1,50
Шпинель	1,72		

что при правильной огранке и благодаря высокому показателю преломления (2,46) критический угол равен всего 24°. Почти весь свет, который падает на бриллиант со всех сторон, благодаря полному внутреннему отражению направляется через верхнюю грань, что и обуславливает сверкание камня.

Коэффициент дисперсии (светорассеяния)— это разность коэффициентов преломления фиолетовых и красных лучей. Чем больше эта разность, тем ярче и разнообразнее игра («огонь») камня, т. е. разные грани камня блестят всеми цветами радуги. Например, у алмаза коэффициент преломления фиолетовых лучей равен 2,465, а красных — 2,402. Разность этих коэффициентов и составляет показатель дисперсии алмаза, равный 0,063. Показатель дисперсии циркона — 0,059, корунда (рубин и сапфир) — 0,019; топаза — 0,014; кварца — 0,013; шпинели (синтетической) — 0,012.

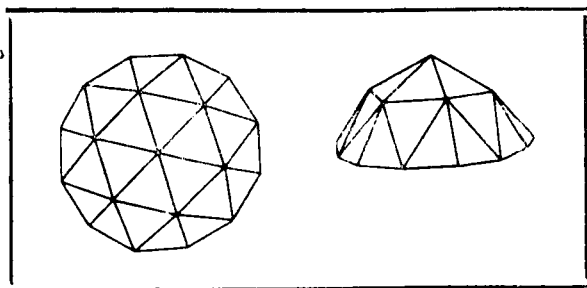
Огранка — способ, при помощи которого камень получает определенную форму. Она играет существенную роль в ювелирном деле, так как от типа, точности и тщательности огранки во многом зависит выявление всех свойств камня: оптических и колористических (цвет, блеск и т. п.).

При огранке выполняются следующие операции:

1. Обкалывание (или подбивка) камня легкими ударами или опиливание (для менее твердых пород); при этом удаляется излишек (углы, выступы) для придания камню основной, исходной формы в соответствии с выбранным типом огранки.

2. Грубая шлифовка на чугунном вращающемся круге, покрытом алмазным порошком (для менее твердых пород камня — корундом или другим абразивом). При этой операции камню сообщается определенное число граней, расположенных в соответствии с формой огранки в определенном порядке и последовательности.

Рис. 21. Огранка «розой»



3. Полировка или отделка, производимые на кругу, покрытом алмазной пылью, растертой на масле (для менее твердых пород применяется окись хрома и другие полировочные пасты). Камень при этой операции укрепляется на специальное приспособление, позволяющее очень точно выдерживать строго определенные углы и производить полировку с определенной нагрузкой.

Формы огранки очень разнообразны. Наиболее древней из них является кабошон, который в настоящее время имеет следующие разновидности:

1. Простой кабошон представляет собой отрезок шара (сегмент) или овоида. Применяется для огранки непрозрачных камней с красивой цветной поверхностью (бирюзы, яшмы) и других цветников.

2. Двойной кабошон — чечевицеобразное тело, иногда грушевидной формы для подвесок. Целесообразно применять для камней с переливчатой цветной окраской (опала, звездчатого сапфира и др.).

3. Высокий кабошон — форма с сильно развитой верхней частью, применяется для полупрозрачных камней (хризопраса, сердолика, халцедона).

4. Полый или выпукло-вогнутый кабошон — форма с углублением на нижней поверхности; применяется для прозрачных, но слишком густо окрашенных камней (граната, алмадина).

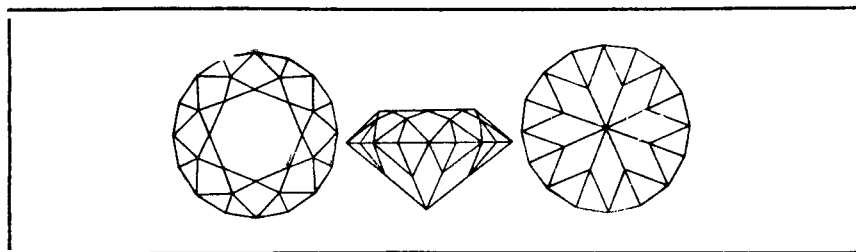


Рис. 22. Бриллиантовая огранка

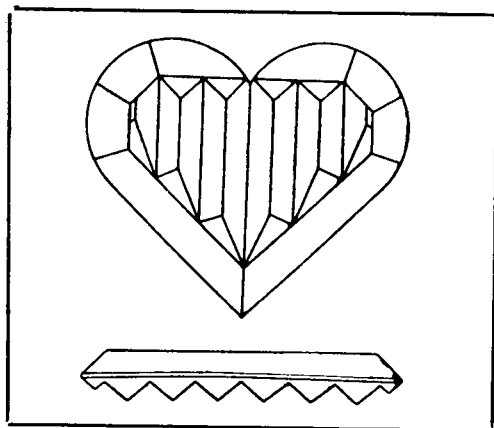


Рис. 23. Современная форма огранки бриллианта «принцесса»

Если простой кабошон (шаровой сегмент) покрыть в несколько рядов треугольными площадками, то получится весьма распространенная старинная форма огранки — *роза* (рис. 21). Она применяется для мелких алмазов, граната, рубина и других прозрачных камней.

Для полупрозрачных камней (агата, сердолика, халцедона), а также для тех из прозрачных, которые ценятся главным образом за красоту окраски (рубина, изумруда, сапфира) применяется *таблитчатая* огранка. Она сверху и снизу ограничена широкими плоскостями и, кроме того, на верхней стороне имеет 8, 12, 16 произвольно, но симметрично расположенных граней. На нижней части таблицы оставляют слабо выпуклый кабошон или гранят 4—6 площадок. Если же камень имеет значительную толщину, то на нижней части делают ступенчатое расположение граней.

Самым сложным типом, применяемым для алмазов и других прозрачных камней (циркона, кварца, топаза), является *бриллиантовая* огранка (рис. 22). Она была изобретена Л. Брекенем во второй половине XV в. При этой огранке камень как бы состоит из двух частей — верхней, называемой *коронкой*, и нижней, называемой *шипом*. При этом коронка ровно в два раза ниже шипа. На камень наносится 56 граней (фасеток), которые располагаются в строго предусмотренном чередовании и порядке. Ребро, отделяющее коронку от шипа, называется *рундистом*.

Существуют варианты бриллиантовой огранки. Они заключаются в том, что число фасеток изменяется, но остается всегда кратным восьми. Например, «лестничная» форма имеет 40 граней (не считая площадки и классы — верхней и нижней граней, ограничивающих коронку и шип).

Двойной, или «лиссабонский бриллиант», имеет 72 грани. «Двадцатый век» — 80 или 88 граней. Особым типом огранки

является так называемая «португальская грань», при которой на верхней и нижней частях камня наносится два ряда ромбических и три ряда треугольных фасеток.

«Звездчатая» грань отличается тем, что верхняя площадка делается шестиугольной и окружается треугольными фасетками, образующими вместе с ней шестиугольную звезду. Существуют и другие виды огранок, например, подвески, слезки, бриолеты и т. п.

Недавно в Англии распространился новый очень простой, эффективный и экономичный способ огранки алмазов, так называемая «принцесса» (рис. 23). Бриллианты, ограненные по этому типу, представляют квадратные, многоугольные, ромбические или сердцевидные в плане плоские таблички толщиной в пределах 1—1,5 мм. Верхняя часть камня имеет небольшое число граней, а нижняя нарезана в форме зубцов. Грани, образующие зубцы, наклонены под определенным углом, обеспечивающим полное внутреннее отражение. Резка алмазов и огранка зубцов (шлифовка и полировка) механизированы и производятся на специальных профилированных дисках, что дает большой экономический эффект.

§ 22. ОПИСАНИЕ СВОЙСТВ ОСНОВНЫХ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ

Самоцветы (собственно драгоценные камни)

А л м а з — наиболее ценный из имеющихся драгоценных камней. Он представляет собой кристаллы углерода и обладает наивысшей твердостью из всех известных природных и искусственных материалов. Свое название алмаз получил от греческого слова «адамас», что означает — непобедимый.

Красота алмаза заключается в его высоких оптических свойствах, которые наиболее полно проявляются при его огранке в бриллиант. Формы огранки в бриллиант не случайны — они определяются целым рядом закономерностей. Грани бриллианта располагаются под строго определенными углами, в определенной последовательности. Этим достигается яркое сверкание камня — из бриллианта как бы выходит целый пучок разноцветных лучей. При повороте камня они непрестанно изменяются и играют всеми цветами радуги, создавая эффект, называемый «огнем» камня. В этом отношении бриллианты превосходят все драгоценные камни, за исключением циркона.

Наиболее ценными бриллиантами считаются чистые, прозрачные, бесцветные камни, приобретающие при огранке голубоватый оттенок — так называемые бриллианты «голубой воды». Бриллианты с «надцветом», т. е. желтоватые, зеленоватые и дру-

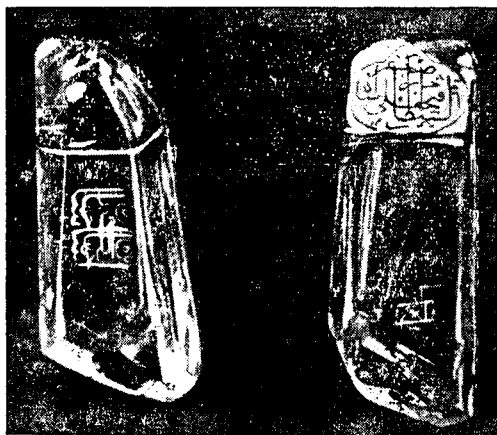


Рис. 24. Алмаз «Шах».

гие ценятся дешевле. Камни с большим числом дефектов — трещин, точек, случайных включений и т. п., а также мутные камни серых, бурых и грязноватых цветов (борт) в огранку не поступают и применяются для технических целей.

Особенно высоко ценятся совершенно прозрачные, ярко окрашенные камни: зеленые, желтые, красные и чрезвычайно редко встречающиеся синие и черные камни. Например, одним из ценнейших бриллиантов в мире считается густо-синий камень «Гоппэ» из Индии весом 44,5 карата. 100 тысяч золотых рублей заплатил Павел I за красный бриллиант весом 10 каратов.

По размерам бриллианты разделяются на мелкие — до 0,5 карата, средние — до 1 карата и крупные — свыше 1 карата. Камни больше 10 каратов называются «солитеры».

Крупнейшие уникальные бриллианты ценятся очень дорого; им присваиваются собственные имена, каждый из них имеет свою историю, в большинстве случаев полную мрачных и трагических событий. Например, один из крупнейших и древних алмазов знаменитый «Шах» (рис. 24) был привезен в Петербург в 1829 г. персидским принцем Хосрев-Мирзой в дар русскому императору с целью загладить возникшие обострения в отношениях между государствами в связи с убийством в Тегеране русского поэта и посла А. С. Грибоедова — автора бессмертной комедии «Горе от ума».

Наиболее крупный алмаз «Кюллиан» был найден в 1905 г. в Южной Африке (рис. 25 — натуральная величина). Его вес до огранки был 3106 каратов. Из него было сделано 4 крупных бриллианта и 101 бриллиант небольших размеров, общим весом 1063,65 карата. Самому крупному из них дали название «Звезда Африки». Он имеет форму капли и весит 530,2 карата. В настоящее время он находится в Англии.

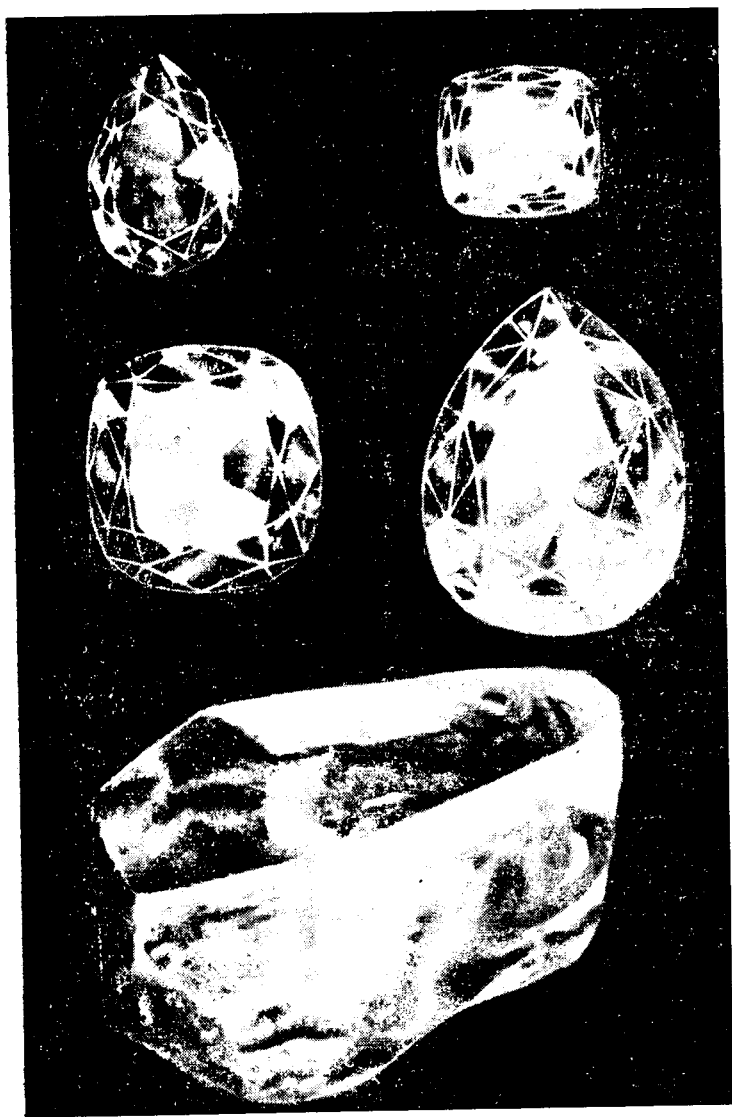


Рис. 25. Алмаз «Кюллиан» (внизу). Четыре бриллианта, сделанные из него (вверху)

Алмаз как драгоценный камень известен с древних времен. Он применялся в ювелирном деле, а иногда и для украшения крупных архитектурных сооружений. Например, один из храмов в Рангуне (Бирме) — Шве-Дагон-Пагода, напоминающий по форме огромный колокол, увенчан драгоценным сияющим бутоном, уspanным алмазами. На его изготовление пошло 1250 кг чистого золота и 4350 штук алмазов.

Алмаз отличается исключительной химической устойчивостью: он не растворяется ни в одной из сильных кислот, даже нагретых до кипения, а также и в их смесях, не действует на него и фтористоводородная (плавиковая) кислота и едкие щелочи. Единственное вещество, с которым реагирует алмаз — это расплавленная селитра — в ней он растворяется. При накаливании на воздухе алмаз сгорает при 850—1000°. Некоторые из алмазов блестят в темноте благодаря явлениям люминесценции.

В качестве имитации алмазов в ювелирном деле применяются менее ценные бесцветные и прозрачные минералы: циркон, корунд, шпинель (синтетическая), топаз и кварц, а также дубли с нижней частью из стекла. Кроме того, сильный радужный блеск дают стразы из свинцового стекла на фольге.

Рубин — кристаллический глинозем (окись алюминия), окрашенный окисью хрома. Это очень красивый прозрачный красный камень. Цвет рубина может варьировать в широких пределах — от светлорозовых до ярко кроваво-красных. Встречаются также камни с буроватым оттенком. Крупные и абсолютно чистые рубины — большая редкость, обычно в камне видны мелкие трещины, пятна и точки. Самый большой из известных рубинов достигает размера половины куриного яйца (и стоит он около 10 млн. фунтов стерлингов).

Иногда у рубинов наблюдается астеризм, т. е. характерный отлив в виде шести лучевых звезд, который вызывается особым двойниковым образованием кристаллов корунда (дихраизм). В старину на Руси рубины назывались яхонтами и высоко ценились. Это вызывало производство подделок из менее ценных драгоценных камней (турмалина, топаза, альмандина и др.) или из красного стекла.

Сапфир — это корунд (окись алюминия), окрашенный примесями железа и титана в синий цвет, — от бледно-голубого и васильково-синего до темно- и почти черно-синего. По всем своим свойствам он близок к рубину. У сапфира также распространено явление астеризма, и такие сапфиры называются звездчатыми. Кроме синих сапфиров, бывают также желтые, зеленые, фиолетовые и чисто белые, прозрачные, которые иногда называются восточными алмазами. Самый крупный синий сапфир находится в Парижском музее (оценивается в 1,5 млн. франков).

Подделками сапфира служат синие стекла или менее ценные драгоценные камни синего цвета: турмалин, цианит или кордье-

рит (водяной сапфир). Последний по цвету не отличается от настоящего сапфира, однако благодаря его трихризму при рассмотрении в проходящем свете (по трем различным направлениям) он кажется то темно-голубым, то светло-голубым, то винно-желтым или серо-желтым.

Берилл — алюмосиликат окиси бериллия. Это драгоценный камень, самоцвет, окрашенный в золотисто-зеленые, зеленые тона, а также в розовато-красные (воробьевит).

Изумруд — разновидность минерала берилла — красивый драгоценный зеленый самоцвет. Его цвет обусловлен примесью соединений хрома и ванадия. Преобладание хрома придает камню золотисто-зеленые оттенки, преобладание ванадия — синева-то-зеленые. Чистые, крупные, ровно окрашенные камни встречаются очень редко. Обычно в них имеются помутнения, полосы, трещины, а также неравномерности в окраске и другие дефекты. Крупные камни ценятся наравне с бриллиантами. Замечательные по величине и чистоте тона три изумруда весом в 250, 133,75 и 136,25 карата хранятся в Алмазном фонде СССР. В качестве имитации изумрудов применяют стеклянные сплавы и дубли из аква-марина или дешевого изумруда и кварца или стекла.

Аквамарин — разновидность берилла красивого голубого, зеленоватого цвета или цвета морской воды (отсюда и название аква — вода, марина — морская). Его окраска обусловлена присутствием железа и находится в очень широких пределах — от бледных, почти бесцветных прозрачных кристаллов до густо, интенсивно окрашенных, сине-зеленых; последние наиболее ценны. В качестве имитации используются сходные по окраске топазы или стеклянные подделки.

Александрит — очень красивый самоцвет. При дневном свете он темно-зеленый, при искусственном освещении становится малиново-красным или фиолетовым. Он представляет собой разновидность хризоберилла (сложный окисел бериллия и алюминия).

Турмалин — целая группа минералов, имеющих сложный состав. Это алюмосиликат щелочей кальция, железа, магния, лития и бора. Окраска турмалина очень разнообразна — он имеет розовые, красные, желтые, зеленые, синие, а также бурые, черные и почти бесцветные тона. Иногда камень состоит из совершенно различно окрашенных слоев (розовых, зеленых, синих) — это так называемые полихромные турмалины. Самыми ценными являются красные и малиновые камни. Окраска их иногда так привлекательна, что они идут наравне с рубинами.

Ювелиры и гранильщики редко употребляют термин «турмалин» и заменяют его другими названиями, исходя из цвета камня, например черный или малиновый турмалин называют шерлом, розовый — рубелитом, густо-синий — индиголитом и т. д.

Шпинель — по химическому составу сложный окисел алю-

миния и магния; причем часть магния бывает замещена железом или цинком, а алюминия — железом или хромом. В связи с этим существует много разновидностей шпинели по цвету и другим свойствам.

Рубиновая шпинель — прозрачные кристаллы, окрашенные в красный или вишневый цвет. Шпинель розового цвета часто называют рубин-балз. Рубицелл — шпинель, окрашенная в оранжевый или желтый цвет. Кроме того, бывает зеленая шпинель от травянистой до темно-зеленой, почти черной окраски. Очень редко встречается синяя шпинель.

Гранат — силикат железа, алюминия, кальция, магния, марганца и хрома. Он имеет много разновидностей, отличающихся по цвету и другим свойствам:

Альмандин — темно-красный, вишневый, розовый, прозрачный или просвечивающий.

Пироп — кроваво-красный или гиацинтовый, прозрачнее альмандина.

Гроссуляр — желто-зеленого цвета, прозрачный или просвечивающий.

Демантоид — изумрудно-зеленый, прозрачный.

Уваровит — темно-зеленый, просвечивающий.

Меланит — черный, не прозрачный.

Большинство гранатов гранят или в форме полого кабошона (если окраска чрезмерно густая), или в форме розы (преимущественно мелкие камни). Кроме того, иногда для прозрачных кристаллов применяют бриллиантовую грань, а для непрозрачных форму таблицы.

Гиацинт — представляет собой разновидность циркона (силиката циркония). Он отличается сильным алмазным блеском и прекрасным оранжево-красным цветом и прозрачностью. Среди цирконов встречаются камни желтого, зелено-желтого, оранжевого и коричневого цветов, прозрачные или только просвечивающие.

Топаз (тяжеловес) — фторосиликат алюминия. Это самоцветный камень, отличающийся сильным блеском и большим разнообразием окраски. Наиболее часты бесцветные, винно-желтые и золотисто-желтые разновидности, реже оранжевые и розовые, еще реже голубые, синеватые и зеленоватые. Окрашенные камни ценятся дороже, чем бесцветные. Некоторые топазы отличаются прочностью окраски, которая под влиянием солнечных лучей ослабевает, и камни мало-помалу обесцвечиваются.

Среди топазов встречаются очень крупные кристаллы. Например, в музее Горного института в Ленинграде хранится очень прозрачный кристалл винно-желтого цвета 19 см высоты и 21 см ширины (весом около 13 кг).

На Урале ювелиры и гранильщики топаз называют «тяжеловесом», а топазом именуют горный хрусталь (кварц). Это название

прочно установилось и даже проникло в официальную номенклатуру самоцветов. Например, так называемые «золотистый топаз» и «дымчатый топаз» представляют собой разновидности кварца; их не следует смешивать с топазом.

Кварц — один из самых распространенных минералов, представляющий собой двуокись кремния. Он образует иногда очень крупные и красиво окрашенные кристаллы. Это химически стойкий камень — щелочи на кварц действуют слабо, в кислотах он совершенно не растворим, только плавиковая кислота разъедает кварц весьма быстро. Имеет следующие разновидности:

Горный хрусталь — совершенно бесцветен и прозрачен; применяется как самоцвет и идет на верхнюю часть дуплетов.

Аметист — один из самых древних драгоценных камней; был известен за 3000 лет до н. э. в Египте. Это очень красивый прозрачный самоцвет, окрашенный в различные оттенки фиолетового цвета. Природа цвета аметиста еще не выяснена — считают, что он обусловлен титаном и роданистым железом. Наиболее ценны темноокрашенные сибирские аметисты, приобретающие при искусственном освещении кроваво-красный отлив. При прокаливании фиолетовый цвет изменяется на желтоватый. Такие камни служат имитацией настоящего топаза. Синтетический аметист — это корунд, окрашенный в «аметистовый» цвет окисями титана, хрома и железа.

Дымчатый кварц («раух-топаз») — прозрачный самоцвет, окрашенный в приятный дымчатый цвет органическими веществами. При прокаливании до 400° приобретает так же, как и аметист, золотистые тона (жженный цитрин).

Празем — зеленые кристаллы кварца.

Маршон — черный, почти непрозрачный.

Цитрин — золотисто-желтый, прозрачный.

Розовый кварц — легко выгорает на солнечном свету.

Авантюрин — красивые кристаллы золотистой, розовой или зеленоватой окраски с характерным чешуйчато-мерцающим отливом.

Существуют также своеобразные разновидности кварца с характерным волокнисто-шелковистым отливом. Они носят названия кошачий глаз (зеленоватый), тигровый глаз (желтоватый) и соколиный глаз (синеватый).

Цианит — силикат алюминия красивого голубого или синего цвета; служит как имитация сапфира.

Сподумен — силикат лития и алюминия, различных расцветок — белого, желтого, зеленого. Особенно красива разновидность лиловая и розовая — так называемый кунцит.

Эвклаз — очень редкий и красивый самоцвет прозрачных голубых и голубовато-зеленых тонов.

Хризолит (оливин) — силикат магния и железа; красивый камень золотисто-зеленого цвета.

Цветные камни (цветники)

О п а л — некристаллическая (аморфная) форма кремнезема. Это полупрозрачный минерал с красивой радужной окраской. Различают следующие разновидности:

Благородный опал — белый, розоватый, желтоватый и черный с красивой, своеобразной игрой цветов.

О г н е н н ы й о п а л — ярко-красный или оранжевый (без радужных переливов).

Обыкновенный опал — различных цветов — серый, белый, зеленый, розовый и др.

Б и р ю з а (калаит) — фосфат окиси алюминия. Это малостойкий минерал, окрашенный солями меди в небесно-голубой цвет. Под действием различных реактивов (влаги, углекислоты и др.) он теряет цвет, зеленеет и «умирает», становясь тусклым и грязно-зеленым. Благодаря невысокой твердости (пилится напильником) легко обрабатывается, хорошо полируется. При прокаливании он чернеет; растворяется в кислотах.

Бирюза была известна за 4000 лет до н. э. и издавна применялась в ювелирном деле. От настоящей бирюзы следует отличать так называемую костяную бирюзу (одонтолит), представляющую собой ископаемые кости и зубы древних животных, окрашенные фосфорноокислыми солями железа и меди в голубой цвет. «Костяная бирюза» отличается от настоящей (каменной) меньшим удельным весом, растворимостью в едких щелочах, меньшей твердостью и остатками костяных структур. Кроме того, существует четыре вида искусственной бирюзы (подделки):

Настоящая бирюза, потерявшая цвет, подкрашенная берлинской лазурью или анилиновой краской.

Стеклянная голубая паста.

Кость, окрашенная медью.

Осажденная и уплотненная фосфорно-глиноземная соль, содержащая медь.

М а л а х и т — водная углекислая соль меди. Это красивый декоративный аморфный минерал зеленого цвета, с характерным сложным рисунком на разрезе. Различают два сорта: радиально-лучистый с шелковистым блеском темно-изумрудного тона и ленточный, струистый, по преимуществу светлых тонов.

Малахит легко режется, хорошо полируется; он применяется для производства ювелирных изделий, а также для облицовки ларцов, шкатулок, ваз и архитектурных элементов. Например, малахитом облицованы колоссальные колонны в Исаакиевском соборе в Ленинграде высотой около 10 м и почти 0,5 м в диаметре.

Малахит был известен античным грекам и уже в то время применялся для декорирования архитектурных элементов (колонны

храма Дианы в Эфесе, позднее перенесенные в Константинополь). Твердость малахита невелика — при нагревании он чернеет, легко растворяется в кислотах с выделением углекислого газа, а также в аммиаке.

Орлец (родонит) — силикат марганца. Это минерал красивого малинового, розового или вишневого цвета. Встречаются железистые разновидности красно-бурого, серого и даже черного теплого тона.

Иногда камень испещрен бурыми или черными жилками и пятнами окислов марганца.

Орлец тверже малахита и обладает достаточной вязкостью, хорошо полируется и сохраняет характерный перламутровый блеск. Он применяется для ювелирных изделий. В тонком слое он приобретает некоторую прозрачность (просвечивает, что придает особую сочность тону, напоминающему рубин). Орлец используется также для создания крупных декоративных изделий. Например, для Всероссийской выставки в 1870 г. была изготовлена большая овальная ваза (диаметром 185, высотой 85 см) из темно-розового орлеца. В настоящее время она находится в Эрмитаже (в Ленинграде). Примером современного использования орлеца может служить облицовка станции московского метро «Маяковская», где орлец хорошо сочетается с нержавеющей сталью.

Яшма — очень разнообразный по цвету (за исключением синего) и рисунку минерал, представляющий собой плотные, непрозрачные или слабо просвечивающие скрыто-кристаллические массы кварца с примесью различных окислов железа, от которых и зависит в большинстве случаев окраска яшмы.

Иногда к яшмам относят минералы другого состава, например, так называемая «ленточная яшма» представляет собой полевои шпат. Различают одноцветные яшмы (красная, серая) и пестрые (полосатые, крапчатые и другие). Иногда яшмы называются по месту их добычи, например, орские, отличающиеся замечательным разнообразием рисунка и цвета (до 200 разновидностей). Яшма применяется для крупных декоративных изделий (вазы, камини), а также в ювелирном деле и каменной мозаике.

Лазурит — минерал сложного состава на основе алюмосиликата. Он имеет красивый разнообразный цвет всевозможных голубых и сине-фиолетовых оттенков. Иногда встречаются зеленовато-синие камни, а также камни с включениями золотистого цвета (колчедан). Он применяется как поделочный и декоративный камень, а также идет в огранку для ювелирных изделий. Отходы от обработки (мелочь, пыль) используются как сырье для приготовления высококачественного ультрамарина (синей краски). В качестве имитации применяют так называемый «Немецкий ляпис», представляющий собой некоторые сорта халцедона, окрашенные берлинской лазурью.

Халцедон — минерал, по химическому составу представляющий собой своеобразную волокнистую форму кварца. Он отличается бесчисленным разнообразием интересных полосатых рисунков различного цвета — от ярко-желтого и оранжевого до молочно-синего, серого, зеленого и черного. В ювелирном деле применяются следующие разновидности халцедона:

Сердолик — ярко красно-оранжевый.

Карнеол — мясо-красный.

Оникс — резко-полосатый различных цветов (белых, красных, черных).

Агат — полосатый камень, но слои переливаются с постепенными или четкими переходами различных, чаще серых, бурых и черных окрасок.

Обыкновенный халцедон — более или менее однородного цвета (серых, беловатых, желтоватых и других оттенков).

Сапфирин — тусклого серо-голубого или бледного синего цвета.

Хризопрас — изумрудно-зеленый, тусклый.

Гелиотроп — зеленый, с красными точками и пятнышками.

Лунный камень — разновидность полевого шпата (алюмосиликата, натрия и калия) с характерным голубовато-серебристым отливом.

Жадеит — минерал ярко-зеленого или белого цвета. Он очень вязкий, плотный, используется как поделочный камень.

Гематит (красавик) — черный, со стальным блеском минерал, на изломе и в порошке красный (отсюда название). Он представляет собой окись железа. Кроме ювелирных изделий, для которых гранится в форме кабошона, он идет на изготовление полировников для золота и серебра.

Драгоценные камни органического происхождения

Янтарь — окаменелая смола древних хвойных деревьев третичного периода, живших около 40—50 млн. лет тому назад. В янтаре в виде включений встречаются остатки цветов, листьев, а также насекомые (жуки, мухи, пауки) и т. п. Цвет янтара очень разнообразен — от светло-желтых, желтых, оранжевых, апельсиновых до красноватых тонов. Совершенно красный янтарь находят в Бирме (бирмит), а в Румынии — бурый и черный (руменит). Янтарь плавится при 350—375°. При сгорании он издает приятный запах.

Янтарь был известен человеку и применялся для украшений (бусы) еще в каменном веке. О янтаре упоминает Гомер в «Одиссее». Античные ювелиры изготавливали из янтара ожерелья и дру-

гие украшения, а также вырезали из него фигуры, кубки и т. п. В Государственной Оружейной палате хранится «Властилинский» посох патриарха Филарета (1632 г.), украшенный янтарем. В настоящее время в Прибалтике добываются сотни тонн янтаря, из которого на Калининградском янтарном комбинате производится множество всевозможных художественных изделий и ювелирных украшений.

Жемчуг — образование органического происхождения, представляющее собой твердые отложения из углекислого кальция. Жемчуг образуется в раковинах морских и пресноводных моллюсков. Причиной служат мелкие предметы (песчинки, водоросли, осколки раковин и т. п.), которые попадают внутрь раковин, под мантию моллюска, и раздражают тело животного. Осуществляя защитную реакцию, моллюск обволакивает инородное тело своими выделениями. Постепенно, в течение нескольких лет вокруг инородных предметов слой за слоем нарастает плотная оболочка из перламутра, которая представляет собой углекислый кальций, пропитанный роговым веществом (конхиолином).

Известно около 30 видов моллюсков, способных образовывать жемчуг (морских и пресноводных).

В настоящее время применяется искусственное выращивание жемчуга. Особенно оно распространено в Японии. В раковины вкладывают перламутровые шарики, на которые нарастает жемчуг, не отличный от натурального. Для искусственного выращивания крупных жемчужин требуется не менее семи лет. Размеры натурального жемчуга достигают иногда до 10—15 мм в диаметре. Крупный жемчуг встречается очень редко и ценится очень дорого. Самая крупная жемчужина весом 85 г (45 мм в окружности) хранится в Лондонском музее.

В прошлом существовали и более крупные жемчужины, но они не сохранились, так как жемчуг от времени высыхает, теряет радужный блеск и цвет, и, как говорят, «умирает», а затем, постепенно разрушаясь, рассыпается в пыль.

По цвету жемчуг делится на белый, желтоватый, розоватый и голубоватый — это лучшие сорта; а также серый, красноватый, желтый и значительно реже — черный, голубой и зеленый. По форме жемчуг бывает: круглый (наиболее ценный), овальный и неправильной формы. Ценится также грушевидная форма жемчуга, пригодная для производства различных ювелирных подвесок (кулонов, серег).

В настоящее время широко применяется имитация жемчуга из стекла.

Кораллы — древовидные образования, состоящие из углекислых солей кальция. Это так называемый полипняк, т. е. известковые отложения, на которых сидят полипы. Они применяются для ювелирных и художественных работ. Красный, или благород-

ный коралл, имеющийся в Средиземном море у берегов Туниса и Алжира, образует отложения красного или розового цвета. Шестилучевой коралл, обитающий в Индийском океане, образует черные кораллы. Изредка встречаются кораллы белого цвета. Кораллы легко обрабатываются (режутся и сверлятся) благодаря сравнительно небольшой твердости.

Гагат (Джет), или черная амбра, представляет собой твердый, черный сорт каменного угля. Он хорошо полируется, обладает достаточной твердостью. Встречается небольшими кусками до 300—400 г весом. При микроскопическом анализе гагата видно клеточное строение, характерное для хвойных древесных пород.

§ 23. ИСКУССТВЕННЫЕ КАМНИ И ИХ ИМИТАЦИЯ

Искусственные (синтетические) камни

Несмотря на распространенность и обычность веществ, из которых состоят драгоценные камни, процесс искусственного получения (синтезирования) их в таком же виде и такой же величины, как это наблюдается в природе, является довольно сложным.

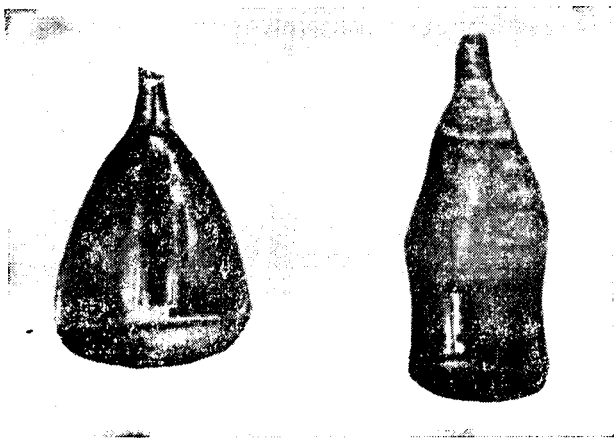


Рис. 26. Искусственные кристаллы (були) драгоценных камней

Первые опыты по созданию искусственных алмазов были начаты еще М. В. Ломоносовым; их продолжали на протяжении XVIII и XIX вв. многие ученые — А. М. Карамышев (1744—1791), В. Н. Коразин (1773—1842), А. Муассон (1852—1907) и др. Однако результаты были неудовлетворительные — полученные мелкие кристаллы, как показали позднейшие исследования, были не алмазами, а карбидами металлов.

В 1958 г. в Америке, а затем в Швеции, Голландии и Японии были получены первые мелкие кристаллы технических алмазов. В СССР с 1961 г. осуществляется синтез алмазов с применением оригинальной технологии, разработанной отечественными учеными.

В настоящее время в нашей стране синтетическим путем получают цветные корунды — рубины, сапфиры, светлый александрит и шпинель, вполне пригодные для ювелирных изделий.

Технология синтеза драгоценных камней сводится к следующему:

- 1) измельчают в тонкий порошок окись алюминия;
- 2) в особом приборе его подвергают плавлению в пламени гремучего газа. Кристаллизация идет путем постепенного наращивания буля на специальной огнеупорной подставке. Процесс продолжается до тех пор, пока кристалл грушевидной формы (буль) сформируется до необходимых размеров (рис. 26);
- 3) готовый кристалл медленно охлаждают, снимают его с подставки, гранят обычным путем.

Для получения камней различной окраски к окиси алюминия добавляют следующие примеси:

для сапфира — 2% окиси железа, 1% окиси титана,

для рубина — 3% окиси хрома,

для александрита — 3% окиси ванадия.

Искусственные камни по своим свойствам очень близки к натуральным; они представляют большую ценность и их не следует рассматривать как имитацию натуральных. В них так же, как и в натуральных, возможны дефекты — трещины, включения и т. п., а также специфические для синтетических камней помутнения, непроплавленность и круглые пузырьки воздуха. По этим дефектам их можно отличить от натуральных. Формы огранки синтетических камней изображены на рис. 27.

Имитация драгоценных камней

Имитация, или подделка, драгоценных камней известна с глубокой древности. Она осуществлялась в древнем Египте, в Финикии, в античной Греции и в средневековой Европе. Например, в Парижском музее хранится ваза, привезенная из Палести-

ны в XI в. Первоначально считалось, что она сделана из изумруда, и только в 1807 г. было обнаружено, что это древнейшая подделка из стекляннго сплава, искусно имитирующего изумруд. В конце XVIII в. ювелиром Страссом была разработана технология производства имитации ювелирных драгоценных камней из стекляннго сплава, которые получили название «стразы».

В настоящее время все применяемые имитации можно разделить на два типа: естественные и искусственные.

К естественным имитациям относятся замены более драгоценных камней менее ценными, сходными по цвету и другим внешним признакам. Так, например, бриллианты часто заменяются белыми сапфирами, цирконами, топазами и другими бесцветными, прозрачными минералами. Натуральные синие сафиры — цианитами, изумруды — турмалином или демантоидом, бирюза — лазуритом и т. п.

Другим видом естественной имитации являются так называемые дубли, или дуплеты. Их составляют из двух слоев камня, что отражает их название. Верхнюю часть (до рундиста) делают из тонкой пластинки натурального камня, а шип изготовляют из дешевого камня или даже из цветного стекла и подклеивают по плоскости рундиста. Такие дубли иногда очень трудно отличить от натуральных камней, особенно если они находятся на изделии в глухих кастах (оправах) и шип не виден. Отличительной чертой дубля, которой пользуются для их распознавания, является узкая красноватая полоска по рундисту (место склейки двух половинок дуплета).

Существуют также приемы, которыми часто пользуются ювелиры для изменения цвета камней. Например, издавна применяется прокаливание камней. При этом цвет некоторых из них сильно изменяется. Например, аметист превращается в золотистый топаз. Применяют также обработку различными реактивами, например, бесцветный халцедон приобретает красивый черный цвет (агатовый) с помощью фенола и углеводов. Цвета бирюзы усиливают анилиновыми красками и т. п.

В настоящее время широко применяется искусственная имитация драгоценных камней из стекляннх сплавов. Основой стекляннго сплава служит бесцветное прозрачное стекло, в которое раньше для повышения легкоплавкости и усиления блеска добавляли окись свинца. В настоящее время ее заменяют окисью калия или бора.

В качестве красителей применяют окислы различных металлов. Например, красный цвет дают медь и селен, синий — кобальт, фиолетовый — марганец и т. п. Варку стекла производят в специальных печах. Затем из стекла изготовляют дроты (прутки), а из них после разогрева до вязкой консистенции на специальных прессах штампуют заготовки камней различной формы и размера. После этого с заготовок удаляют облой, шлифуют и, наконец,

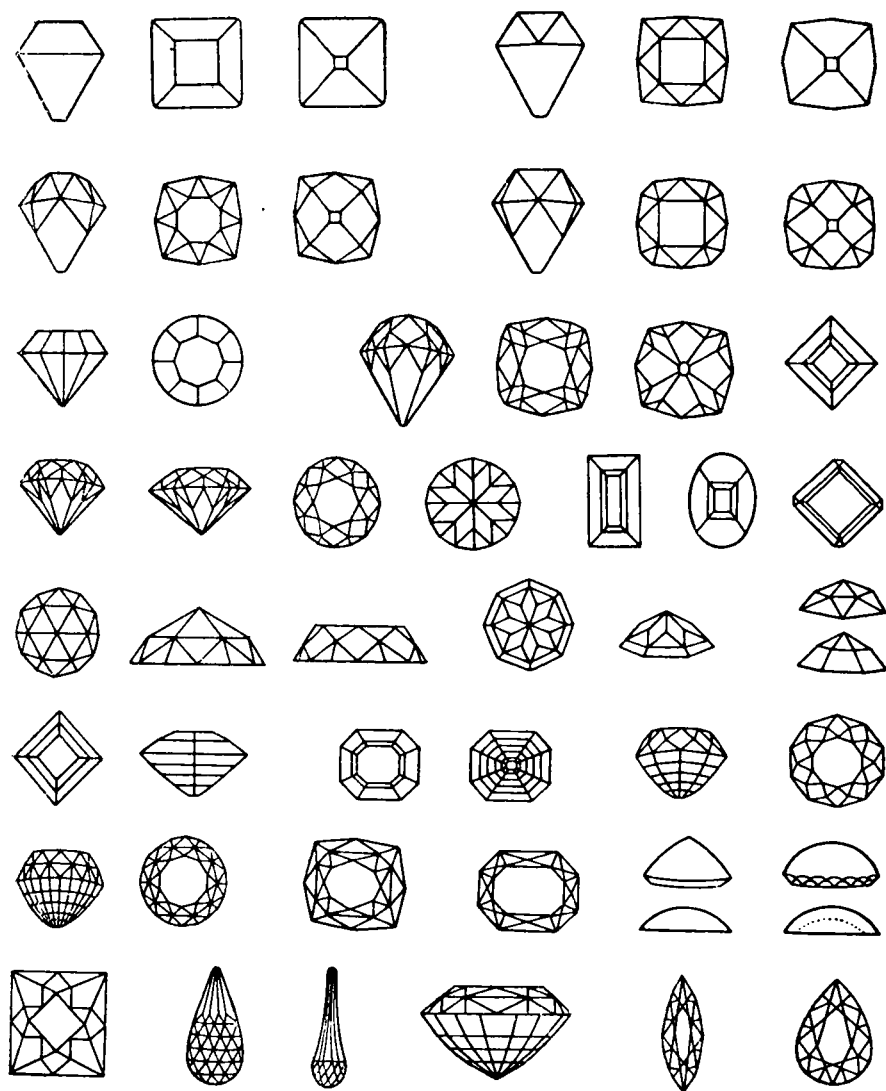


Рис. 27. Формы огранки синтетических камней

полируют. Иногда для усиления блеска прозрачных имитаций (особенно бесцветных) их амальгамируют, т. е. нижнюю часть покрывают азотнокислым серебром с последующим бронзированием. Амальгамация значительно усиливает оптические свойства стеклянных имитаций. Из стеклянных сплавов изготавливают также имитации цветных (бирюзы, малахита, лазурита и др.) и органических камней (коралла, янтаря, жемчуга).

РАЗДЕЛ III



**ПРОИЗВОДСТВО
ХУДО-
ЖЕСТВЕННЫХ
ИЗДЕЛИЙ
ИЗ МЕТАЛЛА**

В настоящее время существует множество различных механических и ручных способов художественной обработки металлов. Они обладают различными свойствами и качествами. Одни способы являются очень древними, возникшими в далеком прошлом, но не потерявшими своей ценности и в наши дни, например, гравирование, дифовка, литье, скань и т. п. Они по-прежнему основаны на приемах ручной художественной обработки, они трудоемки, малопроизводительны и применимы для уникальных произведений (чеканка, живописная эмаль, насечка и т. п.). Другие способы возникли недавно на основе новых научных открытий и развития техники — гальваностегия и гальванопластика, новейшие виды литья, электрохимические способы обработки и другие. Эти способы, наоборот, выполняются машиной, иногда даже автоматом; они экономичны и позволяют производить массовую художественную продукцию (штамповка листовая и объемная, станочное резание, прессование и т. п.).

Современный художник декоративно-прикладного искусства, выбирая ту или иную технологию для воплощения своего художественного замысла, должен, кроме экономической эффективности, учитывать особенности различных способов обработки, влияющих и на сам процесс формообразования изделий, на его эстетическую сторону.

Следует учитывать, что художественное изделие, выполненное той или иной технологией, неизбежно приобретает присущие ей определенные черты и характерные особенности. Например, детали, выточенные на токарном станке, отличаются точностью, четкостью и геометричностью формы, а кованные или дифова-

ные — наоборот, мягкостью и пластичностью. Обработка резанием позволяет получать острые углы и четкие грани, а, например, листовая штамповка постоянно связана с необходимостью применять изгибание только по радиусам, хотя и минимальным. Поэтому уже при проектировании художественных изделий автор-художник должен учитывать специфические особенности материала и способов его обработки.

Существует определенная взаимозависимость между материалом и способом его обработки. Некоторые металлы и сплавы хорошо обрабатываются многими способами. Например, драгоценные металлы (золото, серебро) можно и отливать, и ковать, они хорошо режутся и обрабатываются давлением.

Но имеются металлы, технологические свойства которых весьма ограничены (см. § 2). Например, чугун хорошо отливается и режется, но в силу своей хрупкости он не обрабатывается давлением (ковкой, штамповкой и др.). Наоборот, красная медь плохо отливается и режется, но легко обрабатывается ковкой, штамповкой и чеканкой.

§ 24. ЛИТЬЕ

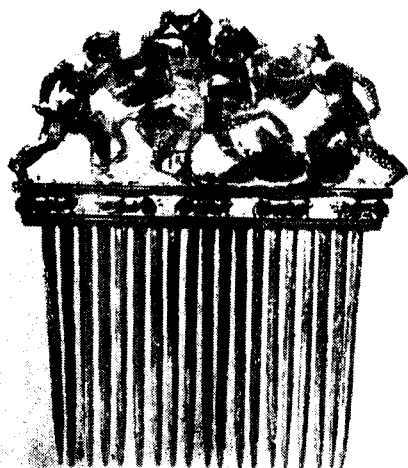
Литье является одним из самых древних способов обработки металлов. Археологические раскопки в Египте и Вавилоне подтверждают, что уже за 5000 лет до н. э. люди умели отливать металл. Памятники античной греческой и римской культуры также являлись весьма совершенными образцами литейного дела.

Многочисленные археологические находки на юге нашей страны свидетельствуют, что на Руси литье было известно очень давно — еще в период Скифской культуры. Например, знаменитый золотой литой гребень из кургана Салоха (хранится в Государственном Эрмитаже) представляет собой ажурную отливку, изображающую нападение двух скифских воинов на греческого всадника (рис. 28).

Не менее интересны горельефные фигуры скифов и лошадей, а также головы львов и лошади, отлитые из серебра, украшающие Никопольскую вазу, найденную в Чертомлыкском Кургане на Днепре (хранится в Государственном историческом музее). Ваза относится к четвертому веку до н. э. и представляет собой замечательный памятник скифской культуры.

Академик Т. Д. Греков показал, что наши предки поляне хорошо владели литейным делом. В раскопках обнаружено не только большое количество медных и бронзовых отливок (ювелирные и культовые изделия), но также и орудия производства литейщиков — печи и горны, в которых плавил металл, а также каменные формы для отливки. Причем подобные находки обнаружены в различных местах. Это свидетельствует о том, что ли-

Рис. 28. Золотой гребень из кургана Салоха



тейное дело было известно повсеместно, а не только в крупных городах.

Профессор Н. Н. Рубцов в книге «История литейного производства в СССР» и академик Т. А. Рыбаков в капитальном труде «Ремесло древней Руси» дают широкую и полную характеристику развития литейного производства на Руси. В этих книгах описаны технология литья, различные способы отливки в каменные и глиняные формы, литье по восковой модели, древние приемы отливки колоколов, пушек и т. п.

Первым русским литейщиком, память о котором дошла до нас, является мастер Констaнтин, отливший в 1166 г. бронзовое паникадило, две детали которого были найдены при раскопках городища у села Вжище — недалеко от г. Брянска (рис. 29) (Государственный исторический музей).

Замечательным мастером был московский колокольный и пушечный «литец» Андрей Чохов, более 60 лет (с 1568 по 1632 гг.) проработавший в первых рядах русских литейщиков и воспитавший большое число учеников. Основным его произведением является «Царь-пушка» весом 40 т, представляющая собой образец художественного бронзового литья XVI в. (1586 г.) (рис. 30).

Не менее высоким образцом художественного литья является огромный «Царь-колокол», также отлитый из колокольной бронзы в 1735 г. И. Ф. Моториным и его сыном Михаилом (рис. 31). Вес колокола достигает 200 т.

С конца XVII в. благодаря деятельности Петра I как самостоятельная область начинает развиваться художественное ста-

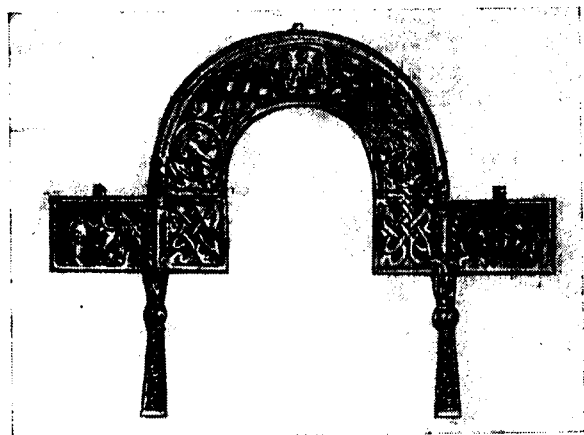


Рис. 29. Деталь бронзового паникадила
[1166 г.]

туарное литье. Одним из первых крупных бронзолитейщиков и скульпторов был Карло Бартоломео Растрелли, приглашенный Петром I для работы в России. Наиболее значительными его работами являются: бронзовый бюст Петра I и статуя императрицы Анны с арапчиком, которую отливали русские мастера Матвеев, Селиванов и Хряпиков (Русский музей), а также Конная статуя Петра I, отлитая после смерти Растрелли литейщиком Мартелли и установленная у инженерного замка в Ленинграде.

Большое влияние на развитие статуарного литья по восковой

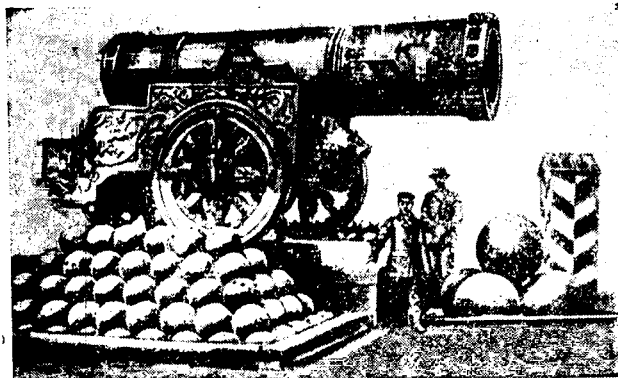


Рис. 30. «Царь-пушка»
[XVI в.]

модели оказал Э. М. Фальконе — создатель «Медного всадника», над которым он проработал 12 лет (1766—1778 гг.) и как скульптор, и как бронзолитейщик.

Крупнейшим бронзолитейщиком начала XIX в. является В. П. Екимов (1756—1837). Он усовершенствовал способ литья по восковой модели и отлил немало крупных монументальных скульптур и в том числе памятник Минину и Пожарскому в Москве по модели скульптора И. П. Мартоса (1816 г.).

Талантливым бронзолитейщиком был скульптор П. К. Клодт (1805—1867). Он отливал не только свои произведения, но и других скульпторов и довел до совершенства сложнейшую технологию отливки крупных фигур по восковым моделям. Отлитая им статуя Николая I представляет собой шедевр литейного искусства.

Мировую известность получили художественные отливки уральских заводов в Каслях и Кусе. Начиная с 1800 г., они славятся камерной чугунной скульптурой, включая и тончайшее ажурное и почти ювелирное литье, например, миниатюрные цепочки, каждое звено которых едва превышает в длину 3 мм и весит не более 0,5 г.

Для художественного литья советского периода характерна механизация литейного производства, освоение новой техники, внедрение новейших технологий литья, таких, как кокильное, обо-



Рис. 31. «Царь-колокол»
[XVIII в.]

лочковое, центробежное и другие. Кроме того, на новой основе развиваются и старые способы литья. Например, статуарное литье по восковой модели, в котором сложные составы формовочных смесей из органических компонентов (опилок, конского навоза, коровьей шерсти и т. п.) заменяются неорганическими материалами, позволяющими отливать не только бронзовые, но и чугуновые монументальные фигуры с высокой степенью точности.

В настоящее время имеются различные способы литья, позволяющие отливать изделия самого различного размера и веса — от нескольких граммов драгоценного металла в ювелирной промышленности до крупных статуй и памятников из чугуна и бронзы.

В области производства художественных изделий сейчас применяются или начинают входить в употребление следующие способы литья:

- в земляные формы;
- по выплавляемым моделям;
- в оболочковые формы;
- в постоянные металлические формы;
- под давлением;
- центробежное литье.

Литье в земляные формы

Литье в земляные формы — один из древнейших способов литья, не утративший своего значения и в наше время. Процесс получения отливки этим способом заключается в том, что по модели или по шаблону из формовочной земли изготовляют литейную форму, которую заливают расплавленным металлом. При извлечении готовой отливки форма разрушается и для следующей отливки процесс изготовления формы повторяется вновь, т. е., каждая форма служит только один раз.

Модели для приготовления литейных форм представляют собой копии авторского оригинала. Они изготавливаются из гипса, дерева, пластмасс или металла в зависимости от тиража.

Гипсовые модели применяются для уникальных отливок или небольших серий, так как при формовке они быстро разрушаются. Чтобы увеличить прочность, их покрывают специальным лаком.

Деревянные модели долговечнее, но и они от сырой земли деформируются, коробятся и разбухают. Высыхая, они уменьшаются в размерах и трескаются. Мелкие детали рисунка в процессе формовки выкрашиваются, острые углы сглаживаются, на поверхности получаются забоины. Для упрочнения деревянных моделей их обязательно красят и покрывают специальным водонепроницаемым лаком.

За последнее время получают все более широкое применение модели из различных пластмасс. Они имеют ряд преимуществ: гладкие и чистые поверхности, небольшой вес, водостойчивость и т. п., но благодаря малой поверхностной прочности, они также недостаточно долговечны и не выдерживают больших тиражей.

Наиболее прочны и долговечны металлические модели (бронзовые, чугунные, алюминиевые). При больших тиражах они оказываются наиболее экономичными. Особенно широко применяются модели из алюминиевых сплавов. Они легче других металлов по весу, не ржавеют, достаточно долговечны, хотя и уступают в этом отношении моделям из бронзы и латуни.

Модель по размеру обычно делают несколько больше оригинала (на величину литейной усадки), чтобы отлитое по ней изделие после усадки соответствовало размерам оригинала или чертежа. Кроме того, при изготовлении модели учитывают последующую механическую обработку отливки, т. е. модель по размерам также имеет припуск на обработку.

По конструкции модели делятся на простые, или цельные, например, модель невысокого барельефа, т. е. изделие, на поверхности которого нет поднутрений и выступов, мешающих снятию формы. При отливке более сложных по конфигурации изделий применяются разъемные модели, а также модели с отъемными частями. Такие модели изготавливаются разрезанными на две более или менее равные части в соответствии с линией разреза опок. Обе половинки соединяются между собой шипами, плотно входящими в соответствующие гнезда на другой половине модели. При формовке каждая часть модели извлекается из формы отдельно, чем значительно облегчается процесс формовки.

Иногда при отливке изделий с выступающими частями все детали, которые мешают извлечению модели из формы, делают съемными. В начале формовки модель собирается, при этом все съемные детали закрепляются на ней при помощи специальных шипов, шпилек, винтов и т. п., а после того, как модель заформована, крепежные детали удаляются и модель беспрепятственно извлекается из формы. При этом отъемные части остаются в форме и потом вынимаются из нее каждая в отдельности.

Своеобразную конструкцию имеют модели для пустотелых отливок. Они имеют на боковых стенках специальные выступы, которые называются знаками. При формовке эти выступы-знаки образуют в форме углубления — отпечатки, на которые укладываются песчаные стержни, служащие для образования внутренней полости в отливке. Стержни изготавливаются отдельно в специальных стержневых ящиках, которые делают разъемными для удобства извлечения готовых стержней. Стержни сушатся в сушильных печах, а затем укладываются в готовую

литейную форму. Для малых серий стержневые ящики делаются из гипса или дерева, а для массового литья — из металла.

Для изготовления форм и стержней служит формовочная земля, состоящая из смеси песка и глины. При формовке сложных, крупных художественных изделий применяются формовочные смеси с содержанием глины до 25%, при формовке простого мелкого литья используется 12—15% глины.

Качество отливки во многом зависит от качества формовочных смесей. Формовочные смеси тщательно составляются и подвергаются специальным испытаниям для определения их свойств, наиболее существенными из которых являются следующие:

Пластичность — способность смеси давать точные отпечатки модели.

Прочность — способность смеси сохранять, не разрушаясь, этот отпечаток при заливке формы металлом.

Газопроницаемость — способность смеси пропускать пары и газы через стенки формы, которые в большом количестве образуются при заливке ее металлом.

Податливость — способность смеси не препятствовать усадке металла при его затвердевании, т. е. немного уменьшаться в размерах.

Кроме того, смеси должны обладать огнеупорностью, т. е. температура оплавления и спекания смеси должна быть выше температуры расплавленного металла, и малой теплопроводностью, обеспечивающей отливке медленное и равномерное остывание, исключающее образование корки (закалки).

Формовочные смеси делятся на облицовочные и наполнительные. В основном формы изготовляют из наполнительной смеси. Она обладает хорошей газопроницаемостью, а остальные свойства для нее не столь существенны. Небольшой слой, непосредственно прилегающий к поверхности модели, изготовляют из облицовочной смеси. От ее свойств в основном зависит качество отливки.

Облицовочная смесь должна обладать всеми необходимыми свойствами (пластичностью, прочностью, газопроницаемостью, огнеупорностью, податливостью и малой теплопроводностью). Иногда в качестве формовочных смесей используются природные земли, которые изредка встречаются в готовом для формования виде и представляют большую ценность. Например, формовочные пески в Каслинском карьере на Урале, которые с давних пор применяются для чугунного художественного литья на Каслинском заводе, или формовочные земли, пригодные для бронзового литья, добываемые из карьера близ Москвы в Коломенском.

Изготовление земляных форм производится в специальных металлических рамках, которые называются опоками. Опоки

обеспечивают земляной форме необходимую прочность при переноске и заливке ее металлом. Обычно форму готовят в двух опоках, плотно соединенных между собой посредством проушин и штырей. Для формовки более сложных изделий иногда применяют три и даже четыре опоки.

По своим размерам опоки делятся на ручные (предназначенные для обычного литья) и крановые, которые отличаются большей толщиной стенок, значительно большими размерами и приспособлениями для подъема их краном. Они предназначены для отливки крупных фигур, памятников и т. п.

Наиболее удобны сварные ручные опоки из фасонной стали или опоки, литые из алюминия и чугуна. Крановые опоки отливают из чугуна. Они снабжены специальными ребрами для лучшего удержания формовочной смеси, которые можно переставлять в зависимости от конфигурации и размера модели.

Кроме опок, для приготовления форм применяются различные инструменты и приспособления: сита, лопаты, совки, трамбовки (для уплотнения смеси), счищальки, душники (для наколки газовых каналов), деревянные молотки (для набивки кусковых форм), подъемы (для извлечения моделей из форм), кисти, щетки, гладилки и ланцеты (для приглаживания и исправления форм), иголки (для отъема кусков) и т. п.

Для того чтобы формовочная смесь не прилипала к модели, а также отдельные куски формы не слипались бы между собой, их припыливают лycopодием (споры плауна), толченым древесным углем или графитом.

Для того чтобы металл не пригорал к форме, перед заливкой ее внутреннюю поверхность или покрывают сажей (коптят), или окрашивают специальными формовочными красками (чернилами), состоящими из угольной пыли или графита, размешанного в воде.

Процесс изготовления формы, или формовка, заключается в следующем: модель кладут в опоку, установленную на подмодельную доску, и припыливают ее угольным порошком или лycopодием. Затем через сито насевают облицовочную смесь слоем 20—30 мм. После этого опоку до краев заполняют наполнительной смесью. Смесью насыпают слоями и уплотняют трамбовкой. Излишек земли удаляют счищалькой и душником, накалывают каналы для выхода газов.

Затем опоку переворачивают и на нее устанавливают другую, в которую укладывают модели литника и выпора (представляющие собой два бруска небольшого сечения), чтобы в форме образовалось два канала — один для заливки ее металлом (литник), а другой — для отвода газов (выпор). После этого модели припыливают и вторую опоку так же, как и первую, заполняют формовочной смесью и уплотняют. Верхнюю опоку снимают и из формы осторожно извлекают модель. Одновременно при по-

Рис. 32. «Джигитовка»
[каслинское чу-
гунное литье]



мощи ланцета прорезают питатель, т. е. узкий канал, соединяющий полость формы с литником. Для получения пустотелых отливок в форме устанавливается заранее изготовленный и высушенный стержень. После этого форма закрывается и заливается расплавленным металлом.

Для более сложных по конфигурации художественных моделей с фигурными поверхностями применяется формовка с фальшивой опокой, которая в процессе формовки заменяет плоскую подмодельную доску, а в процессе заливки формы она не участвует (отсюда и ее название — «фальшивка»).

Наиболее сложный и трудоемкий процесс — это кусковая формовка скульптурного литья — бюстов, фигур и т. п. (рис. 32). Сущность кусковой формовки заключается в том, что вся форма составляется из отдельных кусков, которые потом объединяются двумя раковинами, размещенными в верх-

ней и нижней опоках. Это позволяет вынуть модель из готовой формы, не повредив ее, так как при этом каждый кусок формы снимается с модели отдельно. После извлечения модели из формы она вновь собирается, причем каждый кусок устанавливается на свое место. Все эти операции выполняются с большой осторожностью, так как куски, изготовленные из формовочной смеси, очень хрупки и легко повреждаются от толчков и ударов.

Для образования полости в отливке изготавливают стержень. При отливке уникальных изделий кусковой формовкой стержень изготавливается непосредственно в форме. Для этого нижнюю опоку с готовой формой припыливают лycopодием и наполняют формовочной землей, уплотняя ее руками. Это делают очень осторожно, чтобы не повредить кусков, образующих форму. Затем из железной перфорированной трубки изготавливают каркас стержня и, обмазав его белой глиной, укладывают на нижнюю опоку так, чтобы концы каркаса (знаки) опирались на стенки формы.

После этого опять горкой, выше краев, насыпают формовочную смесь и придают ей примерную форму полости верхней опоки. Верхнюю опоку припыливают лycopодием и несколько раз покрывают и уплотняют ею формовочную смесь. С полученного стержня ланцетом срезают слой земли, равный желаемой толщине будущей отливки. Для того чтобы слой был более равномерным, поверхность стержня предварительно накаливается на глубину среза специальной наколкой, после чего легко срезается слой земли на глубину накола.

Готовый просушенный стержень укрепляется в полости формы. При этом следят, чтобы он не сместился, так как перекося или смещение стержня неизбежно приводит к браку. Сложные стержни при тонкостенном литье иногда укрепляют в полости формы специальными жеребейками, которые обеспечивают прочную фиксацию стержня в полости формы и препятствуют его смещению в процессе заливки.

При отливке мелких скульптур большими сериями обычная кусковая формовка заменяется кусковой формовкой в стержнях. Сущность этого способа заключается в том, что куски формы изготавливаются в специальных металлических стержневых ящиках (каждому куску соответствует свой стержневой ящик). Этот способ во много раз ускоряет и облегчает кусковую формовку и выполняется формовщиком средней квалификации.

При массовой отливке небольших бюстов или фигур применяют формовку по разборной модели. В этом случае не форму, а модель делают составной из отдельных кусков, каждый из которых легко и беспрепятственно извлекается из формы. Разборные модели изготавливают из латуни или бронзы. Все части модели тщательно отделывают и подгоняют друг к другу, особен-

но в местах соединений. Процесс изготовления такой модели очень сложен, и его целесообразно применять только при массовом производстве.

При формовке архитектурного литья, представляющего собой крупные уникальные художественные изделия (части фонтанов, постаменты памятников и т. п.), применяют шаблонную формовку, которая производится без моделей, при помощи специальных шаблонов.

Различают два вида шаблонной формовки:

1) формовка крупных тел вращения (чашеобразных, цилиндрических и конических форм);

2) формовка прямоугольных тел (призматических).

Формовка крупных тел вращения производится в следующем порядке: в полу литейной мастерской роют яму. На ее дно укладывают массивный подпятник, в котором закрепляется вертикальный шпindel. Яму засыпают формовочной смесью. На шпindel посредством специальной муфты укрепляют рукав, а к нему шаблон, соответствующий наружному очертанию отливки. Вокруг шпинделя накладывают и уплотняют формовочную смесь. Поворачивая шаблон вокруг шпинделя из уплотненной смеси. Поворачивают модель, соответствующую наружным очертаниям будущего изделия. Затем снимают рукав с шаблоном и устанавливают крановую опоку, отмечая ее положение (забивая по ее углам колышки).

Земляную модель (болван) покрывают листами бумаги и опоку набивают формовочной смесью и утрамбовывают. Готовую опоку при помощи мостового крана снимают с модели и отводят в сторону, затем на шпindel вновь укрепляют рукав, но уже с другим шаблоном, соответствующим внутренней поверхности отливки. При вращении шаблона с земляного болвана срезается слой земли и он приобретает очертания, соответствующие внутренней поверхности отливки.

После этого осторожно, при помощи тали удаляют шпindel и отверстие от него заделывают формовочной смесью. Затем вновь опускают опоку и устанавливают ее по колышкам. Нарастив литниковую чашу и загрузив опоку тяжелым грузом, чтобы ее не подняло при заливке, мостовым краном подводят ковш с расплавленным металлом и производят заливку.

При формовке овальных изделий на шпинделе укрепляется специальная шайба, на которой имеется направляющая канавка. Рукав, к которому крепится шаблон, делается раздвижным и, кроме того, он имеет специальную стойку с роликом на конце, который входит в направляющую канавку шайбы. При вращении вокруг шпинделя шаблон описывает в плане овал, то удаляясь, то приближаясь к центру, подчиняясь движению ролика по направляющей канавке. Все остальные операции приготовления формы аналогичны описанным выше.

При формовке прямоугольных и призматических изделий применяются протяжные шаблоны, которые передвигаются по специальным направляющим рамам. Формовка крупных изделий по шаблонам значительно экономичнее формовки по моделям.

Простые плоские односторонние изделия больших размеров (например, чугунные плиты), не требующие точности размеров и чистоты поверхности, можно отливать в формы, приготовленные непосредственно в почве пола литейной мастерской. Такое литье носит название почвенной формовки. В полу мастерской роется яма, а на ее дно насыпается слой шлака и слой наполнительной утрамбованной формовочной смеси. Сверху насыпается слой облицовочной смеси и в него ударами молотка осаживается модель плиты.

Горизонтальность модели проверяется по уровню. Затем вокруг плиты в почве прорезается канавка, которая соединяется питателями с полостью формы. Модель осторожно, с помощью подъемов, извлекается из формы. Осыпавшиеся края формы заправляются и заглаживаются, после чего форма готова для заливки ее чугуном. Если изделие двустороннее, тогда рельеф одной стороны модели заформовывают в почве, а для отпечатка рельефа другой стороны применяют крановую опоку (как при шаблонной формовке). Такой прием называется закрытой почвенной формовкой.

В современных условиях для облегчения процессов формовки трудоемкие ручные операции заменяют применением различных приспособлений и машин. Механизация земляной формовки развивается в следующих направлениях:

Применение модельных плит, заменяющих модели. Модельная плита представляет собой металлическую пластину (заменяющую подмодельную доску), на которой закреплены модели не только самого изделия, но и литниковой системы. Для крупных серий художественных изделий модельные плиты изготавливаются из латуни или бронзы с большой тщательностью и точностью.

Устройства и механизмы, извлекающие модельные плиты из опок после их заформовки. Процесс извлечения моделей из форм при ручной формовке является одним из самых трудоемких и утомительных, поэтому замена его механическим устройством особенно значительно облегчает и ускоряет формовку. Существует три типа устройств:

а) машины для подъема опок с модели;

б) машины с поворотным столом, позволяющие набивать верхнюю и нижнюю опоки; после их готовности модель поднимается вверх, не повреждая формы;

в) машины с протяжной плитой; в этом случае модели (сквозь специальные прорезы в модельной плите) опускаются вниз, после чего опока легко и беспрепятственно снимается.

Машины, механизмирующие наполнение опок формовочной смесью и ее уплотнение. Различают три типа машин:

а) пескометы, применяемые для заполнения больших форм (емкостью не менее $0,5 \text{ м}^3$) и изготовления крупных стержней. Пескометы могут использоваться и при массовой, и при уникальной формовке. Производительность пескометных машин достигает до $3,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. При массовом производстве пескометная формовка может быть автоматизирована и программирована;

б) прессовые формовочные машины, основанные на пневматике; они работают под действием сжатого воздуха. Они механизуют один из самых трудоемких процессов — уплотнение формовочной смеси. Применение этих машин также при необходимости, допускает автоматизацию;

в) встряхивающие машины, применяемые также для уплотнения смеси. В настоящее время они получили широкое применение в механизированных литейных цехах. На них можно изготавливать формы больших размеров общим весом до 40 т.

Механизмы, изготавливающие песчаные стержни. Они позволяют во много раз повысить производительность труда. Стержневые машины различаются на мундштучные (для изготовления прямолинейных стержней простых форм), встряхивающие (аналогичны формовочным встряхивающим машинам), пескодувные и пескострельные (наиболее производительны, работают за счет сжатого воздуха).

Литье по выплавляемым моделям

Этот способ литья так же, как и литье в земляные формы, является древнейшим. Он был известен в древнем Египте, в античной Греции и Риме и широко применялся скульпторами эпохи Возрождения. Этим же способом отливали свои статуи Э. М. Фальконе, В. П. Екимов и П. К. Клодт. Однако в современных условиях он применяется в значительно измененном виде.

Сущность литья по выплавляемым моделям заключается в том, что модель после ее заформовки удаляется из формы путем нагрева. Состав, из которого изготавливается модель, плавится и вытекает из формы. Таким образом, форму после формовки нет необходимости разбирать. Это позволяет формовать любые по сложности изделия целиком без применения кусков, стыки между которыми неизбежно оставляют на поверхности отливки следы в виде швов и более или менее тонкого облоя, а в случае перекоса кусков вызывают неисправимый брак всей отливки.

В настоящее время при отливке художественных изделий способ литья по выплавляемым моделям применяется в трех вари-

антах: для отливки крупных фигур, для обычного литья средних размеров и для ювелирного литья из драгоценных металлов.

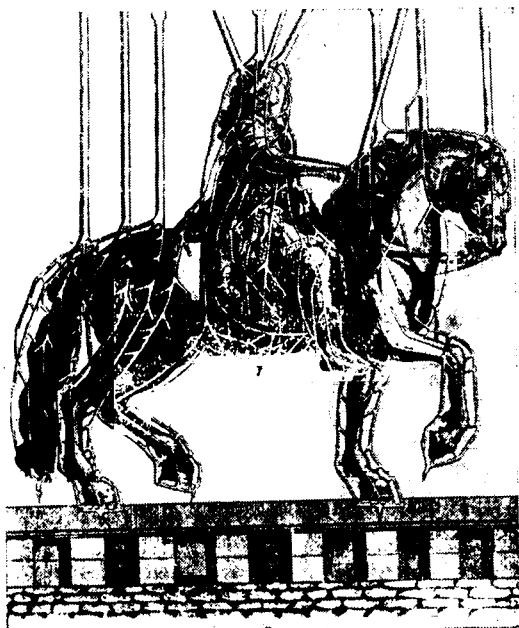
Отливка крупных уникальных фигур представляет собой следующий процесс. С гипсового оригинала снимают кусковую гипсовую форму, а затем по несколько кусков объединяют в общую раковину (кожух) и из прочных стальных профилей или труб изготовляют опорный каркас для стержня. Готовый каркас устанавливают на кирпичном фундаменте в специальной литейной яме и вокруг него вновь собирают кусковую форму, при этом на внутреннюю поверхность каждого куска наносится кистью слой теплого воска, равный желаемой толщине будущей отливки. После этого вся полость формы заполняется специальной стержневой массой, состоящей из толченого кирпича или шамота, размешанного на гипсовом растворе. После твердения этой массы гипсовая форма осторожно по кускам разбирается, а восковой слой остается на стержне, образуя восковую модель со стержнем внутри, который в свою очередь удерживается стальным каркасом.

Восковая модель просматривается и исправляется автором. При этом заглаживаются швы от кусков, восстанавливается утраченная фактура и исправляются другие дефекты. Затем на модель устанавливается литниковая система, изготовленная из восковых прутков различного сечения, а также система выпаров, которая служит для отвода газов. Обе системы взаимосогласованы и их расчет довольно трудоемок. На рис. 33 изображена система литников и выпаров, установленная на модели памятника Людовику XV, которую использовал Э. М. Фальконе при отливке памятника Петру I «Медный Всадник».

После этого приступают к формовке, которая заключается в том, что вся модель и литниковая система покрываются при помощи кисти слоем специальной формовочной смеси в виде суспензии, состоящей из 70 частей пылевидного кварца и 30 частей этилсиликата. Существуют и другие рецепты, в состав которых входят: моршалит, каолин, графит, жидкое стекло и др. Смесь наносится слоями и каждый слой просушивается, пока общая толщина покрытия не достигнет 12—15 мм. Затем в несколько приемов (также с просушкой) наносится толстый слой глины с песком от 200 до 300 мм в зависимости от величины фигуры. Форма снаружи оковывается стальными полосами, образующими сетку, и вновь обмазывается глиной. Вокруг готовой формы разводится огонь, который поддерживается до тех пор, пока форма не просохнет, а модельный состав полностью выплавится. После этого форма может быть залита чугуном или бронзой.

Процесс отливки этим способом средних по величине изделий разработан более совершенно и носит название точного литья. Он широко применяется в технике и дает хорошие результаты при отливке художественных изделий. Прежде всего по

Рис. 33. Система литников и выпаров на модели памятника Людовiku XV



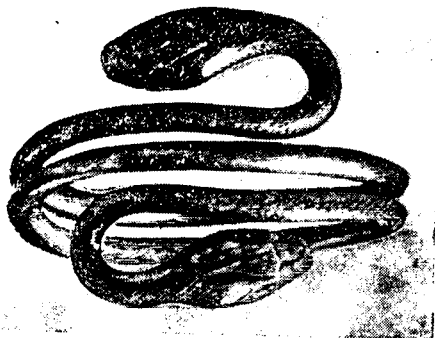
авторскому оригиналу или чертежу готовят прессформу для отливки легкоплавких моделей. Для малых тиражей материалом для прессформы служит гипс, для больших тиражей — металл (алюминиевые сплавы, сталь).

В качестве материала для моделей применяются различные легкоплавкие смеси парафина и стеарина с добавками этилцеллюлозы или полиэтилена. Хорошие результаты дают модели из буроугольного воска. Получаемые модели обычно собирают в блоки путем спаивания их подогретым лезвием ножа или специальным электропаяльником. Одновременно с изготовлением моделей, также в прессформах, готовят модели литниковой системы, на которую и собирается блок.

Формовка готового блока начинается с образования на нем облицовочной огнеупорной оболочки. Это производится следующим образом. Блок погружают в суспензию из тонко размолотого кварца и этилсиликата и обсыпают сухим мелким кварцевым песком. Операцию повторяют несколько раз, пока толщина оболочки не достигнет 2—5 мм. После этого производят выплавление модельного состава или путем погружения блока в горячую воду, или помещая его в специальный термостат (сушильный шкаф) воронкой вниз, подогретый до 180—200°.

Освобожденную от модельного состава оболочку аккуратно устанавливают в цилиндрическую стальную опоку и засыпают кварцевым песком или шамотным порошком. Торцы опоки зама-

Рис. 34. Римский браслет



зывают глиной или применяют для этого жидкое стекло. Формовка в опоку необходима для того, чтобы под действием напора жидкого металла тонкостенная хрупкая оболочка не могла разрушиться.

Заформованная оболочка подвергается сушке и прокаливанию, которое производится в специальных печах при температуре 850—900° и длится несколько часов. Во время прокаливания из оболочки выгорают остатки модельного состава. Заливка формы производится в горячем состоянии. Это способствует лучшему заполнению формы металлом. Охлаждение формы происходит на воздухе, после чего содержимое опоки высыпается при обстукивании ее по краям. Очистка отливок производится или механически, или путем кипячения их в слабом растворе щелочей.

Применение воскового литья в ювелирном деле было известно в глубокой древности, например, римские браслеты в форме змей (рис. 34). Литье золотых ювелирных изделий по выплавляемым моделям, введенное в практику ювелирных производств, представляет собой современный вариант этой древней технологии. Оно заключается в следующем. По рисунку художника разрабатывается чертеж отливки. В нем учитывается литейная усадка, равномерная толщина стенок, литейные радиусы и другие параметры. Затем по этому чертежу изготавливают металлическую модель — эталон изделия. Модель снабжается специальным литником, который рассчитывается и изготавливается вместе с моделью.

В случае выпуска небольших серий с эталона снимается резиновая форма, а при крупных сериях или массовом производстве изготавливается специальная разборная металлическая прессформа. Затем, пользуясь либо резиновой формой, либо металлической прессформой из специального модельного состава, заготавливают выплавляемые модели. В качестве модельного состава для литья ювелирных изделий употребляется парафин (95%) с добавкой полиэтилена (5%). Увеличение содержания полиэти-

лена нежелательно, так как это влечет за собой повышение литейной усадки и вязкости расплавленного состава, что затрудняет заполнение форм.

При работе с резиновыми формами или изготовлении тонкостенных ажурных моделей состав плавят и при температуре 80° в жидком виде под давлением заполняют им формы. При работе с металлическими прессформами состав применяют в пастообразном состоянии. Формы предварительно смазываются касторовым маслом, разведенным в спирте. Аналогичным способом изготовляют модель массивного, конусообразного и несколько изогнутого литника. Этот литник служит основой для сборки модельного блока путем напаивания на него большого числа моделей изделий.

После этого готовят специальный огнеупорный состав, компонентами которого служат: гидролизированный раствор этилсиликата и маршалит, т. е. тонко размолотый кварцевый песок. В зависимости от характера моделей процентное соотношение компонентов в растворе изменяется, что делает его то более жидким, то более густым.

В среднем 60—70% составляет маршалит, а остальные 40—30% — гидролизированный раствор этилсиликата. Состав хорошо перемешивается и в него погружается модельный блок. Избытку состава дают стечь, после чего его обсыпают плавленным дробленым кварцем или кварцевым песком. Первому отдается предпочтение, так как кварцевый песок при прокаливании, расширяясь, деформирует формы особенно тонких ажурных изделий. После обсыпки формы сушат. Режим сушки применяют следующий: 35—40 мин сушат на воздухе при комнатной температуре и 25—30 мин — в атмосфере, насыщенной парами аммиака, и, наконец, опять 20—30 мин на воздухе до полного удаления запаха аммиака.

Эти операции с последующей сушкой повторяются несколько раз (четыре-пять), пока стенки огнеупорного покрытия не достигнут необходимой толщины. После этого осуществляется формовка блока в стальной цилиндрической опоке, снабженной специальной скобой для закрепления ее на центробежной машине.

Для формовки употребляется сухой кварцевый песок с однопроцентной добавкой борной кислоты, которая, расплавляясь при прокаливании формы, служит связующим материалом. Торцы опоки заделывают тем же песчаным наполнителем, но с добавкой (10—15%) водного раствора жидкого стекла, которое после затвердевания придает необходимую прочность заформованной опоке. Затем модельный состав выплавляется. Для этого опока ставится в предварительно нагретый до 200° сушильный шкаф литниковой чашей вниз. После того как модельный состав вытечет, опоку переносят в муфельную печь, где при температуре 850—900° форма прокаливается в течение 3—5 ч.

Золото, например, 583 пробы перегревают до 1100° (температура плавления золота этой пробы составляет примерно 950°) для лучшего заполнения и заливают в форму, которая подогревается до 700° и устанавливается на центробежный станок. После заливки форма немедленно приводится во вращение со скоростью 160—170 об/мин. В течение 0,5—1 мин металл твердеет, форма снимается со станка и охлаждается в течение 3—4 ч. Для освобождения отливки от огнеупорной оболочки ее кипятят в щелочном растворе и промывают в горячей воде. Затем готовые отливки отрезают от литника (который вновь идет в переплавку), отжигают и отбеливают в 5%-ном растворе азотной кислоты, промывают и просушивают.

Литье в оболочковые формы

Этот способ литья представляет собой дальнейшее развитие и усовершенствование литья в земляные формы. Стремление уменьшить объем формовочной земли при создании литейной формы вызвало необходимость предельно сократить толщину ее стенок. Это явилось основой разработки технологии оболочкового литья, которое впервые было применено для технического литья в 1950 г. В настоящее время оно может быть применено для художественного литья при отливке простых форм типа барельефа.

Сущность этого способа сводится к следующему. На нагретую до $300\text{—}350^{\circ}$ чугунную модельную плиту насыпают слой мелкого кварцевого песка, тщательно перемешанного со связующим материалом, в качестве которого применяют термореактивные искусственные смолы, например пульвербакелит. Эта смола сначала при температуре $60\text{—}70^{\circ}$ размягчается, а затем при 200° расплывается и, наконец, при $300\text{—}400^{\circ}$ твердеет и переходит в необратимое состояние.

Нагреваясь от плиты, смола, находящаяся в формовочной смеси, плавится и обволакивает зерна песка. В результате на модельной плите образуется песчано-смоляная оболочка, точно повторяющая весь рельеф модели. Когда оболочка достигнет толщины 6—10 мм, избыток смеси удаляют, а модельную плиту вместе с образовавшейся на ней оболочкой подвергают дополнительному нагреву до 400° для перехода смоляной связки в твердое необратимое состояние.

После этого оболочку, представляющую собой полуформу, снимают с плиты посредством специальных толкателей, расположенных в модельной плите. Таким же способом изготавливают вторую полуформу. Обе половинки скрепляют между собой специальными скобами или зажимами и, если необходимо, внутрь оболочки устанавливают такой же оболочковый стержень.

Иногда при массовом производстве оболочковые полуформы склеивают с применением высокочастотного нагрева. Затем форму устанавливают в стальной ящик, заменяющий опоку, и засыпают вокруг песком. В таком виде форма подается под заливку. После охлаждения отливка извлекается с разрушением оболочковой формы. Этот метод легко поддается механизации и автоматизации при массовом производстве изделий и, несомненно, имеет большое будущее.

Литье в постоянные металлические формы

Наиболее ранним примером литья в металлические формы в древней Руси, начиная с XVI века, являлось художественное оловянное литье. Оно осуществлялось в медных (латунных) формах, которые изготовлялись либо литьем с последующей чеканкой, либо гравировкой (оброном). Оловянные художественные отливки, толщина стенки которых равнялась всего 2—3 мм, золотились (или серебрились) и применялись для декорировки домашней утвари (рам, ларцов и т. п.), а также внутреннего убранства храмов (киотов, иконостасов и т. п.). Однако более широкого развития литье в постоянные металлические формы в то время не получило. К началу XIX в. оловянное литье также оказалось забытым.

В настоящее время литье в постоянные металлические формы (литье в кокиль) очень широко применяется в технике и все чаще и шире проникает в область художественного литья. Литье в кокиль относится к прогрессивным способам — оно имеет ряд преимуществ по сравнению с литьем в земляные формы. Главное преимущество этого способа литья заключается в том, что металлическая форма выдерживает большое количество заливок. Стойкость кокиля при легкоплавких отливках из алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов достигает 100 000 заливок, при отливке стальных и чугуновых деталей число их значительно меньше. Кроме того, структура отливок получается мелкозернистой, обуславливающей лучшие механические свойства. Поверхность таких отливок отличается чистотой, не требующей никаких дополнительных механических обработок. Особенно велика точность кокильного литья.

Литье в металлические формы экономически целесообразно при массовом или крупносерийном производстве изделий, так как стоимость производства кокилей очень высока. Они изготавливаются из чугуна или стали и требуют особо тщательной подгонки и обработки, которая обычно требует больших затрат ручного высококвалифицированного труда (лекальщиков, граверов и других специалистов).

Металлические формы для простых отливок состоят из двух частей, а для сложных изделий форма соответственно усложняется и может состоять из многих частей, включая и составные стержни, обуславливающие пустотелость отливки.

Отличают кокильное литье, когда и форма, и стержни изготовлены из металла, и полугокильное, когда стержень изготовлен из песчаных смесей, как при литье в земляные формы. Полугокильное литье обычно применяется для отливок из тугоплавких металлов — чугуна, бронзы.

В кокильном литье все основные процессы поддаются механизации. Имеются механизмы, производящие разъем и соединение кокилей, а также заливку их металлом. Применяют также карусельные автоматы, которые непрерывно выполняют полный цикл работы, начиная от обработки полости кокиля коптящим пламенем ацетиленовой горелки (для продления срока его службы), установки стержня, закрывания и заливки его металлом и кончая автоматическим раскрыванием и удалением из его полости готовой отливки.

Литье под давлением

Это литье представляет собой современный метод массового производства изделий из легкоплавких сплавов (алюминиевых, цинковых и др.). Сущность способа заключается в том, что металл заливается в металлические формы (кокили) под давлением, создаваемым специальными литейными машинами. Отливки получаются с высокой точностью размеров, чистой поверхностью и отличаются тонкими стенками. Минимальная толщина стенок при отливке из цинковых сплавов достигает 1—3 мм, из алюминиевых — 1,5—4 мм и из медных сплавов до 2—4 мм. Литье под давлением позволяет получать отливки, очень сложные по конфигурации, но сравнительно небольшие по размерам.

В области художественного литья этот способ имеет значение при массовом производстве изделий, так как формы для литья под давлением представляют собой очень сложные и дорогие устройства, изготовленные из высококачественных сталей.

Центробежное литье

Центробежное литье представляет собой современный вид литья, особенность которого заключается в том, что металл заливается в быстро вращающиеся формы и под действием центробежных сил прижимается к их стенкам. Таким способом можно отливать трубы, колонны и другие изделия цилиндрической формы. Для центробежного литья применяются металлические,

а также песчаные формы, но с добавками прочных крепителей (жидкого стекла, этилсиликата и т. п.).

Для центробежного литья применяют машины с горизонтально и вертикально расположенной осью вращения. Длинные детали (трубы, колонны) отливают на машинах с горизонтальной осью вращения; детали небольшой длины — на центробежных машинах с вертикальной осью вращения.

Сравнительно недавно освоено центробежное литье сложных фигурных изделий по выплавляемым моделям, например, отливка золотых ювелирных изделий, которая описана выше.

Центробежное литье позволяет получать двухслойные цилиндрические отливки, например, из бронзы и стали или бронзы и чугуна. Для этого во вращающуюся форму заливают сначала бронзу, а потом сталь или чугун.

§ 25. ХУДОЖЕСТВЕННАЯ КОВКА

Ковка — один из древнейших способов обработки металлов. Она осуществляется ударами молота по заготовке, которая может быть предварительно нагрета — «горячая» ковка или без нагрева — «холодная» ковка. Под ударами молота заготовка деформируется и приобретает желаемую форму. Но такая деформация без разрывов и трещин свойственна не всем металлам, а только металлам, обладающим определенной степенью вязкости, пластичности, тягучести. Совокупность этих свойств, как уже известно, обуславливает способность коваться и называться ковкостью металла. Это свойство непостоянно — оно зависит от степени нагрева металла. Чем выше температура, тем мягче становится металл и тем легче он куется.

Холодной ковке поддаются драгоценные металлы — золото, серебро, а также медь. Этот прием широко применялся в древней Руси златокузнецами, выковывавшими из драгоценных или медных слитков чаши, ковши и другие предметы. При холодной ковке металл под действием ударов, изменяя свою форму, быстро теряет пластичность, уплотняется и приобретает «наклеп» и для дальнейшей обработки требует отжига. Поэтому процесс холоднойковки состоит из двух чередующихся операций: деформации металла и отжига (рекристаллизации).

В современных условиях холодная ковка в области художественной обработки металла встречается редко, главным образом в ювелирном деле.

Горячая ковка применяется при обработке малоуглеродистых сталей (ковочного железа) для производства различных художественных изделий.

При выборе материала для художественнойковки следует оказывать предпочтение самым мягким сортам стали с наимень-

шим содержанием углерода (до 0,13%). С увеличением углерода возрастает жесткость, твердость, прочность, обнаруживается способность к закаливанию. Все эти свойства затрудняют ковку и кузнечную (горновую) сварку, которая обычно сопутствует художественной ковке.

Для каждого сорта стали существуют определенные температуры начала и концаковки, в пределах которых их и следует ковать. В среднем этот интервал составляет 1250—1300° — началоковки и 800—850° — конецковки. Чем больше в стали содержится углерода, тем ниже температура началаковки. Например, сталь, содержащую 1,5% углерода, не следует нагревать выше 1000—1050°.

В табл. 18 приведены температуры начала и концаковки для углеродистых сталей, которые следует применять для художественнойковки.

Таблица 18

Марка стали	Содержание углерода	Условная окраска	Температураковки	
			начало	конец
Ст. 1	0,07—0,12	белый	1300	900
Ст. 2	0,09—0,15	желтый	1250	850
Ст. 3	0,14—0,22	красный	1200	850

Инструменты и приспособления

В процессековки применяются следующие инструменты и приспособления:

Наковальня — опорный инструмент, на котором производятся все операцииковки. Различают три типа наковален — однорогая (наиболее распространенный тип) с коническим круглым рогом. Двурогая — с рогами круглого и прямоугольного сечения и безрогая. Наковальня изготавливается из сырой (незакаленной) стали, а сверху к ней наваривается стальной закаленный налчник (или лицо), представляющий собой пластину толщиной от 10 до 30 мм. Рог служит для загибания металла. Противоположный рогу край наковальни называется хвостом, на поверхности хвоста имеются два отверстия: одно круглое для пробивания отверстий в поковках, другое квадратное для установки различных приспособлений, необходимых при ковке. У основания рога имеется незакаленная площадка для рубки металла. На налчнике рубить нельзя, так как при прорубах насквозь повреждается зубило. Нижняя часть наковальни называется башмаком, посредством которого наковальня устанавливается на дубовом

чурбане или бетонном стуле. Вес наковальни от 80 до 300 кг. Лицо наковальни должно быть горизонтально.

Ш пер а ки — небольшие двурогие наковальни разнообразных профилей. При художественной ковке они имеют широкое применение. На них производится загибка, правка, выколотка различных орнаментальных элементов. Шперак имеет хвост, либо заостренный и тогда он вбивается в дубовый чурбан, либо квадратный — для установки в отверстии наковальни.

Ручник — молоток — основной инструмент кузнеца. Ручником наносят удары при мелких поковках; им же указывают молотобойцу место, по которому следует бить кувалдой. Ручник весит от 0,5 до 2 кг; он насаживается на прочную ручку, обычно из рябины, длиной 350—400 мм. Его главная рабочая часть — боек — имеет плоскость, задняя часть — задок — бывает либо шарообразной, либо заостренной продольной или поперечной формы. Боек и задок закаливаются.

Кувалда — боевой молот весом от 2 до 10 кг. Кувалдой работает подручный кузнец-молотобоец. Он держит кувалду двумя руками. Рукоятка кувалды длиной 700—900 мм изготавливается также из рябины. Кувалда имеет оба плоских бойка или один клиновидный (продольный или поперечный).

Клещи — инструмент, при помощи которого кузнец вынимает поковку из жара, удерживает и поворачивает ее в процессековки. Клещи имеют самые различные формы губок — в зависимости от конфигурации поковки. В процессе работы клещи нагревают и губки подгоняют по поковке так, чтобы они по всей длине прилегали к ее поверхности и прочно ее удерживали.

Зубила и подсечка — инструменты, применяемые для рубки металла. Кузнечные зубила в отличие от слесарных имеют отверстие для ручки. Подсечка имеет четырехгранный хвост, который вставляют в отверстие в наковальне. Рубка производится между подсечкой и зубилом. Иногда рубят одним зубилом, для этого поковку кладут на специальную площадку у основания рога наковальни и, наставив зубило, бьют по нему кувалдой. При насечке узоров раскаленную поковку кладут на лицо наковальни и удерживают клещами. Иногда рисунок насекают в холодном состоянии, применяя для этого слесарные зубила и пуансоны.

Пробойник (бородок) — инструмент, служащий для пробивки отверстий. По сечению различают круглые, квадратные и фасонные (фигурные) пробойники. Последние применяются для пробивки нетолстых полос и листов при просечных работах, выполнения декоративных подзоров и т. п.

Обжимки — приспособления, состоящие из двух частей, — верхника и нижника. Верхник насажен на деревянную ручку, нижник своим хвостом крепится в отверстие наковальни. При помощи обжимок поковке придают цилиндрическую или граненую форму.

Гладилка — инструмент, служащий для выглаживания поверхности поковки. Она, так же как и верхник обжимки, снабжена деревянной рукояткой. Ее рабочая поверхность (лицо) хорошо отшлифована. Размеры гладилки различны: для мелких работ площадь лица 12×12 мм, для крупных поковок — 40×40 мм.

Подбойки — приспособления, применяемые для выделки в поковке всевозможных углублений, желобков, канавок, перехватов и т. п. Рабочая поверхность имеет различную конфигурацию — то более широкую, то более узкую с различными радиусами кривизны.

Кроме этих основных инструментов, применяются различные приспособления, облегчающие ковочные операции и ускоряющие процесс изготовления однотипных изделий. К таким приспособлениям относится кузнечная форма, представляющая собой массивную стальную или чугунную плиту с различными углублениями и вырезами по сторонам. В ней также сделаны сквозные отверстия различных размеров и очертаний. Раскаленная поковка накладывается на соответствующий вырез или отверстие, сверху наставляется гладилка или обжимка и под ударами молота поковка приобретает соответствующую форму.

При художественной ковке применяются различные оправки, которые кузнец изготавливает, исходя из рисунка или модели. Процесс изготовления оправок следующий. Сначала из тонкого листового железа вырезается шаблон, который представляет точную копию (в натуральную величину) того или иного элемента рисунка или орнамента. В шаблоне точно указываются радиусы закруглений, параметры лекальных кривых и другие данные. Затем по шаблону из железа загибают небольшой участок дуги требуемого радиуса, часть дуги эллипса. Рабочая поверхность оправки тщательно выглаживается (или опиливается).

При гибке завитков, меандров и других кривых из прутков или полос применяют стальную плиту с рядами отверстий, в которые плотно вставляются штыри. Подобрать по шаблону соответствующие отверстия в плите и забив в них штыри, полосу огибают вокруг них или между ними, получая каждый раз аналогичную по изгибам кривую. Этим приемом удобно выгибать рапортные элементы.

Применяются и другие приспособления, например, штампы, пуансоны. Для измерения деталей в горячем состоянии применяются кронциркули и нутромеры, снабженные специальными ручками, а также кузнечные калибры, представляющие собой удлиненную стальную пластину с вырезами по сторонам. Каждый вырез соответствует определенному размеру от 5 до 70 или до 100 мм через каждые 5 мм. Причем каждый вырез делается несколько шире указанного на нем размера, с учетом теплового расширения стали. Стальные линейки (метры) также градуируются с учетом линейной усадки.

В современных кузнечных производствах, кроме ручных инструментов, применяются механические молоты. Они обладают значительно большей силой удара. Удары наносятся значительно скорее (чаще), чем это может осуществлять молотобоец ручной кувалдой. Это позволяет за один нагрев сделать намного больше, чем при ручной ковке. Особые значения приобретают механические молоты и прессы при обработке крупных поковок, так как слабые удары ручных инструментов не могут произвести в них необходимые деформации.

Существует много различных систем и конструкций механических молотов и прессов, применяемых при свободной ковке. Наиболее современным, удобным и производительным из них является пневматический молот, работающий на сжатом воздухе. Поршень компрессора у этого молота соединен с бойком. Сила удара определяется силой давления сжатого воздуха. Сила и частота ударов может регулироваться в широких пределах.

При художественных ковочных работах не требуется особенно сильных ударов, так как очень крупных поковок не бывает. Поэтому с успехом могут применяться молоты и некоторых старых конструкций, например пружинные (рессорные). При вращении эксцентрика шатун такого молота сжимает рессору, которая то поднимает, то с силой опускает боек. Число ударов при быстром вращении вала достигает 500, вес бойка от 25 до 350 кг. Рессорные молоты просты по конструкции и удобны в работе. Существуют паровые молоты простого и двойного действия, способные развивать огромную мощность.

Основные приемы ковочных работ

В процессековки художественных изделий применяют разнообразные приемы и используют рассмотренные выше инструменты, чередуя их в различных комбинациях и последовательности. Но все многообразие приемов можно свести к следующим основным операциям:

- осадка и высадка;
- вытяжка (протяжка);
- рубка;
- прошивка (пробивка отверстий);
- гибка;
- закручивание;
- выглаживание (отделка);
- насекание рисунка;
- набивка рельефа и фактуры;
- горновая (кузнечная) сварка.

Осадка и высадка. Осадка предназначена для уменьшения длины заготовки за счет увеличения ее поперечного сечения. Если осадка осуществляется не по всей длине заготовки, а только на отдельных ее участках, например, на концах или в середине, она называется высадкой. Осадка применяется в следующих случаях:

а) для получения отдельных утолщений на поковке (высадки концов или середины) при ковке декоративных элементов, имеющих переменное сечение, например, растительных орнаментальных мотивов (утолщенных узлов на стебле, плодов, ягод и т. п.). После высадки поковка дополнительно обрабатывается обжимками, подбойками и др.;

б) как предварительная операция перед прошивкой при изготовлении пустотелых изделий, плоских — типа колец или высоких — типа труб;

в) как предварительная операция перед изгибанием под углом. Для восполнения недостающего металла для образования угла;

г) для утолщения поковки по всей длине.

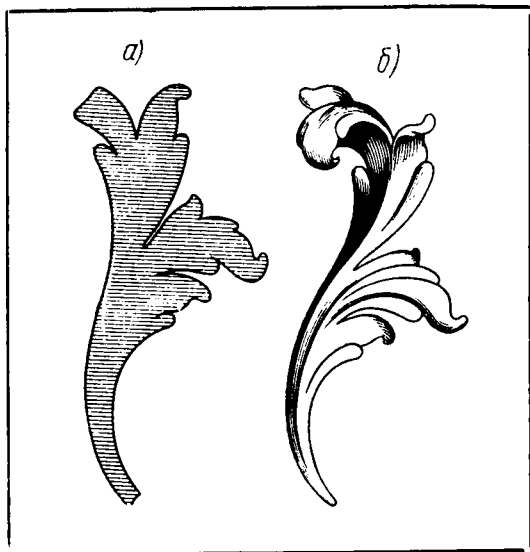
При осадке поковку нагревают, ставят вертикально на наковальню и бьют ручником или кувалдой по верхнему концу. Длина поковки (или нагретой части при высадке) не должна превышать величину диаметра больше чем в 2—2,5 раза, иначе произойдет изгибание заготовки.

При высадке участков на длинных прутах их кладут на наковальню, наносят удары ручником или кувалдой. Если утолщение должно распространяться только в определенные стороны, то после высадки поковка соответствующим образом проковывается и, если высадка оказалась недостаточной, операция повторяется. Мягкая сталь лучше поддается осадке, чем твердая. Высадку можно осуществить и без молота — для этого нагретый стержень бьют концом о наковальню, зажав его в клещах.

Вытяжка, или протяжка. Эта операция применяется для увеличения длины заготовки за счет уменьшения ее поперечного сечения. Вытяжка имеет следующие разновидности:

а) наиболее частый случай, когда из толстого куска металла необходимо отковать полосу или прут (круглого или квадратного сечения). Для этого раскаленную заготовку кладут на наковальню и, удерживая ее клещами, наносят удары узким бойком кувалды по всей длине заготовки. Затем поковку поворачивают на 90° и операцию повторяют. Работу ведут быстрыми и частыми ударами, стремясь отковать за один нагрев больший участок поковки. Для того чтобы поковка тянулась больше в длину и не раздавалась в поперечном сечении, применяют седлообразные наковальни (желобчатые). Более удобно для вытяжки круглых болванок применять обжимки. Поворачивая поковку вокруг оси и передвигая ее вперед, по обжимке ударяют кувалдой. При ра-

Рис. 35. Заготовка листа
а и готовый лист б



боте в обжимках заготовка не только вытягивается в длину, но и выглаживается;

б) расплющивание (уширение, разгонка), применяемое в тех случаях, если необходимо увеличить площадь заготовки за счет ее высоты, т. е. получить всю поковку или отдельный участок в форме пластины. Например, при ковке мотивов растительного орнамента расплющивание применяют для лепестков цветов, листьев.

Расплющивание осуществляется или непосредственно кувалдой, или для ускорения применяют специальный инструмент — раскатку, который имеет плоские или полукруглые рабочие поверхности. При работе раскаткой вся сила удара сосредоточивается на небольшом участке и раздача металла во все стороны идет быстрее;

в) вытяжка с оправкой, применяемая в случаях, если нужно увеличить длину пустотелой заготовки (например, толстостенной трубки) за счет уменьшения толщины ее стенок. Работу ведут в обжимках (круглых или квадратных, в зависимости от формы заготовки) и оправки слегка конической (для облегчения съема с нее поковки) формы. В процессековки поковка постоянно поворачивается вокруг оси. При вытяжке на квадратной оправке поворот делают на 90° ;

г) раздача на оправке, применяемая дляковки колец, обечаек, обручей и т. п. В процессе этой операции одновременно увеличивается и наружный, и внутренний диаметры поковки. Предварительно высаженную и прошитую заготовку продевают на

цилиндрическую оправку, которую укладывают обоими выступающими концами на подставку, и ударами ручника или подбойки производят раздачу. Увеличение диаметра заготовки происходит за счет утонения ее стенки.

Рубка. Рубкой называется кузнечная операция, посредством которой поковку разделяют на части. Ее осуществляют кузнечным зубилом в холодном или горячем состоянии. Для холодной рубки зубило затачивается под 60° , а для горячей — под 80 и 85° . При холодной рубке в металле возникают напряжения и иногда образуются трещины. При горячей рубке заготовку нагревают до темно-красного каления, кладут на наковальню и, наставив кузнечное зубило, сильно бьют по нему кувалдой. Прорубив толщу поковки на три четверти, ее перевертывают, вновь наставляют зубило и отрубают сильными ударами кувалды. Особенно толстые заготовки значительно скорее и легче рубить на механическом молоте, поставив вместо зубила специальный инструмент — топор. Топоры бывают двусторонние (с заточкой с двух сторон), односторонние (с заточкой с одной стороны), угловые и полукруглые — для рубки по кривой.

Тонкие поковки лучше рубить вручную — с помощью подсеки, которая устанавливается в отверстие наковальни; на нее кладут заготовку, а сверху наставляют зубило, по которому наносят удар кувалдой. При этом нельзя прорубать металл насквозь; так как можно повредить острые закаленные части инструмента.

Рубка имеет следующие разновидности:

Разрубка (прорубка) — операция, в процессе которой заготовка только надрубается, оставаясь еще прочно соединенной в нетронутом участке. Этот прием очень широко применяется в художественной ковке. Надрубленные участки отгибаются, вытягиваются и претерпевают различные виды ковки, после чего превращаются в цветы, завитки или листья, сидящие на общей ветке.

Обрубка (обсечка) — отделение части материала по наружному контуру. Обсечка применяется при ковке декоративных изделий сложной формы: всевозможных розеток, накладок и других рисунков, где необходимо обрубить деталь по контуру.

На рис. 35 показана заготовка листа а, выполненная обсечкой, и готовый рельефный лист б после обработки его ковкой.

Вырубка — аналогичная обрубке операция отделения части металла по внутреннему контуру; она широко применяется при ковке ажурных изделий.

Гибка. Гибка — это кузнечная операция, при которой поковке придается изогнутая форма по заданному контуру. При гибке толстых заготовок происходит искажение первоначальной формы и размеров поперечного сечения в зоне изгиба (при изгибании тонких заготовок этим явлением можно пренебречь).



Рис. 36. Кованый железный кронштейн
[XVII в.]

Чтобы устранить искажение формы и утяжку (уменьшение сечения), необходимо до гибки произвести высадку того участка, где предполагается согнуть заготовку. Явление утяжки проявляется тем сильнее, чем больше угол загиба и меньше радиус закругления. Утяжку нельзя устранить путем правки, но искажение формы поперечного сечения (овальность) легко исправляется правкой и проглаживанием. Гибка имеет следующие разновидности:

гибка под углом — производится на ребре наковальни с предварительным нагревом только на небольшом участке, подлежащем изгибанию. Если нагрев произведен на большом участке, то поковка согнется по кривой (дуге). Изгибание прутка можно производить, воткнув его в отверстие в наковальне до нагретого участка и быстро пригнуть к наковальне.

Если длинную полосу или прутки необходимо согнуть несколько раз, причем места сгибов должны быть расположены близко друг к другу, гибку производят на шпераке с рогом соответствующей формы или на специальных оправках (приспособлениях);

гибка по дуге — производится на роге наковальни или соответствующих по дуге шпераках. Сложные кривые профили гнут на оправках. Повторяющиеся (рапортные) кривые гнут на приспособлениях (доске со штырями). Завитки (спирали) из прутков и полос тонких сечений гнут в холодном состоянии в тисках, из толстых сечений — на специальных оправках и приспособлениях и также на роге наковальни. Мотив завитков, обогащенный тройчатыми листочками, использован в кованом кронштейне (рис. 36).

Сложные и разнообразные приемы гибки полос различного сечения применены при изготовлении решетки (дворец Марли в Петергофе) (рис. 37).

Закручивание или скручивание. Сущность этой операции заключается в том, что одну часть поковки поворачивают по отношению к другой под углом вокруг общей оси. Различают два случая закручивания:

а) когда часть заготовки поворачивается на угол до 180° ,

например, для пространственной ориентации отдельных орнаментальных элементов (листьев, цветов);

б) когда скручивание осуществляется многократно на 360° , в результате скрученный квадратный стержень приобретает как бы витой характер.

Закручивание тонких заготовок производят два кузнеца. Захватив заготовку в клещи, они вращают ее в двух противоположных направлениях одновременно. Закручивание толстых поковок производят посредством воротка, при этом другой конец заготовки зажимается в тиски. Вороток представляет собой стальную полосу с отверстием посередине. Отверстие по форме должно соответствовать сечению скручиваемого квадратного прутка или полосы. Широкие полосы удобно закручивают при помощи специальной вилки.

Разновидностью закручивания является свивание нескольких тонких прутков (проволок) в шнуры. Наиболее красивые шнуры с богатой светотенью получаются из двух круглых прутков, туго свитых между собой. При скручивании и свивании заготовку нагревают до ярко-красного (а еще лучше желтого цвета) каления; при более низкой температуре скручивание требует очень больших усилий, а в металле могут возникнуть трещины.

Выглаживание [отделка]. К этой операции приступают после того, как основная форма уже откована и все формообразующие операции выполнены. Цель этой операции — придать законченный вид поковке. После молотка на поковке всегда остаются следы — волнистости, шероховатости, — образуется «кованая» поверхность. Иногда из художественных соображений ее частично сохраняют, так как «кованые» поверхности смотрятся лучше рядом с гладкими (по закону контраста).

При выглаживании и окончательной отделке поверхность выравнивается при помощи гладилок различной формы для плоских поверхностей и обжимок для цилиндрических поверхностей с малыми радиусами закругления. Для выглаживания внутренних и вогнутых поверхностей применяются специальные гладилки. Выпуклые поверхности (с большим радиусом кривизны) выглаживаются плоскими гладилками.

Выглаживание ведут постепенно, перемещая гладилку по поверхности изделия и ударяя по ней кувалдой. Поковка при этом должна удобно лежать на наковальне. Иногда выглаживают только отдельные участки рельефа, например, его наиболее выступающие части, а углубления оставляют «из-под молотка». Это придает своеобразную живописность изделию. Выглаживание прутков производят иногда плоской гладилкой, проводя ее вдоль прутка и не по всей поверхности. Следы от плоской гладилки «читаются» как еле заметные грани и придают прутку большую иллюзорную четкость и стройность. Операция выглаживания име-



Рис. 37. Кованая решетка [дворец Марли в Петергофе]

ет очень большое значение в художественной ковке и придает изделию законченный и выразительный вид.

Насекание рисунка. Эта операция, так же как и выглаживание, относится к отделочным, заключительным видамковки. При помощи зубила в холодном или горячем состоянии на поверхности изделия можно воспроизвести различные штрихи-насечки, решетки или различные узоры, включая и изобразительные элементы, и шрифтовые надписи. Насекание производят на более или менее плоских поверхностях, хорошо видимых на готовом изделии. Насекание на полых деталях и кольцах производят на соответствующими оправках.

Набивка рельефа и фактуры. Эта операция также относится к отделке готового изделия и выполняется с целью обогащения фактуры или светотеневых эффектов, путем создания дополнительных рельефных выступов или канавок и углублений, например, жилок на листьях или лепестках, каннелюр на колонках, канавок на буквах или цифрах и т. п. Работа выполняется специальными подбойками или пуансонами.

Горновая (кузнечная) сварка *. При производстве художественных изделий методомковки значительно облегчает и ускоряет работу применение кузнечной сварки. В некоторых случаях — при изготовлении больших и сложных изделий — она является основным процессом. Кроме того, сварка значительно удешевляет кузнечное производство. Кузнечная сварка позволяет соединить в одно целое изготовленные по отдельности детали. Причем в этом случае их можно выполнить с большей тщательностью и совершенством. Кузнечной сваркой хорошо и легко сваривается мягкая сталь с содержанием углерода 0,15—0,25%. Если в стали содержание углерода превышает 0,45%, то она почти не поддается горновой сварке.

В процесс горновой сварки входят следующие операции:
подготовка концов;

* Технология сварки описана в разделе «Сварка».

нагрев;
сварка;
проковка шва.

Кроме горновой сварки, для сборки отдельных элементов применяются и другие, более современные виды сварки (газовая, дуговая), а также приемы клепки и сборки на резьбе. Причем головкам заклепок или винтов придают декоративную форму (пирамидальную, звездчатую и др.).

При художественной ковке очень важно определить, какую часть изделия необходимо ковать целиком, какие элементы выполнять отдельно и затем их приваривать. От правильно намеченного технологического процесса во многом зависит успех работы. В свою очередь, для разработки технологии необходимо иметь, кроме рисунка изделия, точный чертеж, составленный конструктором с учетом припусков на механическую (токарную, фрезерную) обработку, если такая предусматривается. Имея чертеж поковки, можно рассчитать и вес необходимого материала для ее изготовления, прибавив к весу поковки отход металла на обсечку (в зависимости от сложности поковки) в пределах до 20—30%, на угар из расчета 2—3% на каждый нагрев и 1,5—2% на каждый подогрев.

При разработке конструктивного чертежа деталей под ковку следует учитывать специфику этой техники и избегать нехарактерных для нее форм и конфигураций, например, пересечения цилиндрических, а также призматических поверхностей между собой. Не следует допускать ребристые сечения, так как ребра в некоторых случаях (например, по контуру цилиндра) техникой свободнойковки сделать крайне трудно, а иногда и невозможно. Детали с резкой разницей в размерах лучше делать сварными или собирать на резьбе.

Объемная штамповка. При штамповке деформация металла производится при помощи специального инструмента — штампа, на рабочей поверхности которого имеются специальные полости, определяющие форму изделия. Эти полости называются *ручьями*. Чаще всего штампы представляют собой две половинки; одна из них крепится к подвижной части молота или прессы, а другая к его столу (шаботу). Заготовка укладывается в полость нижней половинки штампа, и сильным ударом или жимом верхней половинки производится деформация заготовки. Штамповать можно как в горячем, так и в холодном состоянии в зависимости от металла, из которого штампуются изделия, и сложности его формы и очертаний. Штамповка сложных по конфигурации и рельефу изделий производится с применением двух или нескольких последующих штампов, в которых форма ручьев постепенно усложняется от общих приблизительных очертаний (в заготовительном ручье) до точного соответствия (в окончательном, чистовом ручье).

Применение объемной штамповки экономически оправдано при крупносерийном и массовом производстве. По сравнению со свободной ковкой она имеет ряд следующих преимуществ: значительно возрастает производительность труда, сокращаются отходы металла, обеспечивается высокая точность формы изделий и чистота поверхности. Кроме того, штамповкой можно получать очень сложные по форме изделия, которые совершенно неосуществимы приемами свободнойковки (без дополнительной обработки резанием, чеканкой и т. п.).

Объемная штамповка применяется для получения декоративных изделий из стальных заготовок, а также из цветных (медных, никелевых, алюминиевых сплавов) и драгоценных металлов. Примером может служить производство медалей, орденов, а также ювелирных изделий.

В последнее время получает применение способ штамповки ювелирных изделий из расплавленного металла. Он заключается в следующем. В нагретую матрицу — прессформу специальным устройством подается порция расплавленного металла и ударом пуансона металл с силой вдавливается в форму и заполняет все детали. От соприкосновения с металлической матрицей металл быстро охлаждается и застывает. Получается изделие, точное по размерам, с чистой поверхностью.

§ 26. ПРОКАТКА, ПРЕССОВАНИЕ, ВОЛОЧЕНИЕ

Эти способы представляют собой различные виды обработки металлов давлением и служат главным образом для получения различных полуфабрикатов: листов, фасонных и профильных заготовок и проволоки.

Этими способами можно получать отдельные заготовки и детали, которые характеризуются высокой чистотой поверхности и точностью размеров. Такие детали, например, различные раскладки, профили, зеки и др., после минимальных дополнительных операций могут поступать в сборку и монтаж. Обработка металлов давлением, несмотря на большую давность применения, является весьма прогрессивной благодаря минимальным отходам металла, высокой производительности и экономичности. Все виды обработки давлением основаны на наличии у металлов пластических свойств, т. е. способности деформироваться под действием внешних сил. При этом изменяются внешняя форма заготовки, ее очертания и конфигурация и, кроме того, происходят внутренние изменения в структуре, что проявляется в появлении наклепа и других механических свойств (см. § 2).

Прокатка. Это наиболее распространенный вид обработки металлов давлением. Он зародился в XVIII в. и, претерпев значительное развитие, в настоящее время достиг высокого со-

вершенства. Сущность процесса заключается в том, что заготовка обжимается, проходя в зазор между двумя вращающимися валками. При этом она уменьшается в своем поперечном сечении и увеличивается в длину (и в меньшей степени в ширину). Форма поперечного сечения называется *профилем* проката. В зависимости от профиля прокат делится на листовой, сортовой, трубный и периодический. Кроме того, прокат бывает горячий и холодный, в зависимости от того, нагретая или холодная заготовка поступает в прокатные валки.

Листовой прокат осуществляется между гладкими цилиндрическими валками, вращающимися навстречу друг другу, и может производиться как в горячем, так и в холодном состоянии.

В горячем состоянии катают толстую листовую сталь от 4 мм и выше (до 60 мм). В холодном состоянии катают тонколистовую сталь — от 0,2 до 4,0 мм, а также цветные и драгоценные металлы и их сплавы: красную медь, латунь, мельхиор, алюминий, серебро, золото.

Сортовой прокат производится в валках, имеющих специальные ручки или калибры, благодаря которым получается прокат, имеющий различный профиль: круглый, квадратный, полосовой, угловой, тавровый и т. п. При изготовлении проката той или иной формы заготовка пропускается через целый ряд последовательных калибров, пока она не получит своей окончательной формы в чистовом ручье. Часто при переходе заготовки из одного калибра в другой ее поворачивают вокруг оси на 90° (кантуют). Например, для получения квадратного проката после каждого прохода в ромбических ручьях его кантуют, чтобы обжать образующиеся заусенцы.

Трубный прокат осуществляется на специальных трубопрокатных станах, которые по конструкции и форме валков различаются в зависимости от способов производства труб: бесшовного или сварного.

Бесшовные трубы проходят первую операцию на специальном прошивном прокатном стане, на котором производится прошивка сплошной заготовки и получение полой гильзы. Вторая операция осуществляется на так называемом пилигримовом стане, на котором трубчатая заготовка-гильза раскатывается на специальной оправке — дорне, вставленном в полость трубы.

Сварные трубы изготавливаются из полос (штрипсов), которые проходят ряд последовательных операций: постепенное свертывание полосы в трубу, сварка шва, калибровка, отделка и правка. Все эти операции выполняются сначала в непрерывном прокатном стане, а после сварки — на специальном калибровочном стане.

Периодический прокат отличается тем, что профиль (поперечное сечение) проката изменяется по длине. Для этого на поверхности плоских валков или в ручьях фрезеруется или гра-

вируется дополнительный контр-рельеф. Этот вид проката имеет очень большое значение в художественной обработке металла. Этим способом можно получать ленты или полосы с повторяющимся рельефным орнаментом или отдельные заготовки ювелирных изделий после удаления облоя (вырезки).

Хорошие результаты дает прокат заготовки из металлов, обладающих высокой вязкостью и пластичностью, например, из красной меди, чистого серебра и т. п. Подобные работы производятся при помощи небольших валков на ювелирных фабриках. В прошлом ювелирные вальцы приводились в движение руками и требовали больших усилий. В настоящее время они работают от электромотора через редуктор.

Метод прокатки в вальцах на ювелирных производствах применяется очень часто и для специальных целей. Например, при производстве филигранных изделий в проволочных вальцах с ромбическими или стрелчатыми ручьями производят заготовку проволоки из слитков для волочения скани, а плоские вальцы служат для вальцовки (плющения) скани после ее ссучивания (см. § 38). Кроме того, плоские и проволочные вальцы применяются ювелирами для подкатки заготовок (проволоки, прутков, листов) из драгоценных металлов до необходимой толщины, при получении специального шинника для колец (в специальных овальных ручьях), для плющения панцирных (плоских) цепей и др.

Прессование. Современный способ получения различных профильных заготовок: прутков (круглых, квадратных), труб, различных фасонных профилей как цельных (сплошных), так и полых (трубчатых). Впервые этот метод был научно обоснован академиком Н. С. Курнаковым в 1913 г. и применялся главным образом для получения прутков и труб из оловянно-свинцовых сплавов. В настоящее время материалом для прессованных профилей служат медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы, магний и его сплавы, сплавы никеля, олова и др., а также сталь. Сущность процесса — продавливание металлической заготовки через отверстие в матрице. Можно выделить следующие операции:

подготовка заготовки к прессованию (разрезка);

нагрев заготовки;

укладка заготовки в контейнер;

процесс прессования (продавливание);

отделка изделия (отделение прессостатка, разрезка);

Прессование производится на гидравлических прессах с вертикальным или горизонтальным расположением плунжера, мощностью до 10 000 т. Применяются два метода прессования: прямой и обратный.

Прямой метод заключается в том, что плунжер прессы через специальную прессшайбу давит на заготовку, помещенную в контейнер, и заставляет металл вытекать через отверстие в матрице.

При обратном методе контейнер делается глухим, а матрица крепится к ходовой части пресса к плунжеру. По мере движения плунжера матрица давит на заготовку, заставляя металл вытекать через ее отверстие, направляясь в просвет плунжера. Обратный метод экономичнее прямого — уменьшаются отходы металла (прессостаток значительно меньше) и снижается усилие, так как в этом случае не нужно преодолевать трение металла о стенки контейнера.

Прессование труб и трубчатых (полых) изделий осуществляется только прямым способом. При этом заготовка предварительно прошивается стальной иглой, которая затем устанавливается в просвете матрицы и служит для калибровки внутренней поверхности трубчатого изделия.

Прессование имеет следующие преимущества: высокая точность изделий, не требуется дополнительных последующих обработок (шлифования и т. п.), высокая производительность (до 2—3 м в минуту).

Волочение. В древности проволока изготавливалась путем нарезания узких и тонких полосок от листа металла. Только с X в. начали использовать ее волочение. Первый волочильный станок с водяным приводом был применен в XIV в. в городе Нюрнберге под названием «проволочной мельницы». В 1590 г. была устроена «проволочная мельница» в Лондоне и несколько позднее во Франции.

В настоящее время волочение применяется не только для получения проволоки, но также и различных фасонных профилей. Кроме того, волочением изготавливаются тонкостенные трубки малых диаметров. При волочении тянутые изделия приобретают гладкую и чистую поверхность, точные размеры и форму по всей их длине.

Сущность процесса волочения заключается в протягивании заготовки (предварительно прокатанной) через очко волоки (фильеру). Фильеры обычно изготавливаются из твердых сортов сталей (вольфрамовых), а для тонких сечений — из технических алмазов, которые укрепляются в медных оправках (обоймах).

Волочение осуществляется без нагрева (при обычной комнатной температуре). Заготовку последовательно протягивают через ряд постепенно уменьшающихся по величине отверстий. При этом можно получить проволоки тончайших сечений. В процессе волочения проволока испытывает холодную деформацию и приобретает наклеп (жесткость и упругость). Восстановление первоначальных свойств (устранение наклепа) производится посредством периодического отжига.

Волочение осуществляется на специальных волочильных станах. Они разделяются на два вида: цепного типа — для волочения прутков, труб и других профилей, которые не могут наматываться на барабан, и барабанные станы, которые при-

меняются для волочения проволоки и других тонких профилей и тонких трубок, сматывающихся в бунты.

При заготовке драгоценной проволоки (из золота, серебра) в небольших количествах для ювелирных целей волочение производится вручную при помощи волочильных досок. Такая волочильная доска представляет собой стальную закаленную пластину, в которой просверлены ряды постепенно уменьшающихся по диаметру отверстий. Волочильную доску укрепляют в настольных тисках, конец проволоки заостряют напильником и плоскогубцами, плавно, без рывков, ее протягивают через отверстие волочильной доски.

Для получения чистой поверхности и уменьшения усилия применяется смазка. Переходя последовательно от одного отверстия к другому (меньшему), получают проволоку необходимого сечения. После волочения проволоку сматывают в бунты, отжигают, отбеливают в слабом растворе серной кислоты, тщательно промывают и сушат.

§ 27. ДИФОВКА (ВЫКОЛОТКА)

Д и ф о в к а — древний прием холодной обработки листового металла, производимый непосредственными ударами молотка, под которыми он тянется, изгибается, садится и в результате приобретает необходимую форму. От кузнечнойковки дифовка отличается тем, что она производится в холодном состоянии, а при кузнечных работах металл нагревают докрасна. Кроме того, она выполняется из листового металла не толще 2 мм; ковочные же работы обычно производятся из массивной заготовки. От чеканки дифовка отличается тем, что она выполняется непосредственно молотком, а чеканы (притом деревянные) употребляются редко.

На протяжении своей многовековой истории в зависимости от обрабатываемого металла (золота, серебра, меди, железа) и назначения производимых изделий, дифовка приобретала различные виды и свойства.

Виртуозного искусства она достигала в руках величайших античных скульпторов Фидия и Поликлета, которые одевали в золотые одежды свои статуи Афины и Геры, дифуя их из тонких золотых листов.

Древнерусские «златокузнецы» выколачивали из листового золота и серебра кубки, чаши и ковши, украшенные чеканкой, гравировкой и драгоценными камнями, которые становились образцом ювелирного искусства.

Дифовку применяли для выколотки из стали рыцарских щитов, шлемов, лат и доспехов, с использованием кузнечного ремесла.

Наконец, ее применяли для изготовления больших котлов, трубопроводов и других изделий из меди, объединяемых понятием «медницких» работ и часто выходящих за пределы художественной обработки.

В дореволюционной России и в Западной Европе в XVIII и XIX вв. выколотка применялась довольно широко и носила специальные названия: техники «битой меди» и «кованой меди». Ее также называли «выбивкой» или техникой «репуссе». Скульптура дифовалась из красной меди и устанавливалась на стальных сварных каркасах.

В Москве в 1701 г. была изготовлена фигура Архангела Гавриила для завершения Меньшиковой башни. После пожара в 1770 г. фигура заменена главой с крестом. В 1750 г. выколотчен из меди и позолочен трубящий ангел для Красных ворот — архитектор К. А. Ухтомский (сейчас фигура находится в Государственном Историческом музее).

В 1820—1830 гг. по модели скульптора С. С. Пименова из меди также выколотчена объемная композиция — квадрига Апполона для фасада б. Александринского театра (в Ленинграде), а в 1863 г. аналогичная композиция по модели неизвестного скульптора (из мастерской Н. П. Витали) — для Московского Большого театра. Сохранились и другие скульптуры.

Примером крупной скульптуры, выполненной в этой же технике, в Западной Европе может служить статуя «Свободы». Автор этой фигуры французский скульптор А. Бартольди. Она выколотчена из листовой меди толщиной 2 мм. Стальной каркас для фигуры проектировал и выполнял А. Эйфель. В 1886 г. скульптура была подарена французским правительством Соединенным Штатам Америки, где она установлена на острове Либерти при входе в гавань Нью-Йорка. Фигура имеет колоссальные размеры — ее высота 46 м, а вместе с пьедесталом она составляет 93 м. Размеры этой статуи огромны: длина указательного пальца, например, равняется 2 м, а на факел, который фигура держит в руке, свободно может поместиться 12 человек.

Из дифованой скульптуры, выполненной в нашей стране в советское время, наиболее интересны следующие работы: выполненные в 1938 г. для Химкинского речного вокзала два декоративных фонтана: «Север» (скульптор А. Н. Кордашев) и «Дельфины» (скульптор И. С. Ефимов). В первом фонтане из красной меди выколотчены фигуры гусей с распростертыми крыльями, во втором — дельфины в разнообразных позах и поворотах.

Дифовочные работы выполнены мастером И. М. Овчинниковым. И. М. Овчинников был прекрасным художником-исполнителем, обладавшим тонким вкусом и высоким мастерством чеканки и дифовки. Из его работ, выполненных из меди и латуни (по модели скульптора И. Ефимова), особенно выделяются небольшие декоративные скульптуры «Сокол», «Карпы», «Аист» и др. Одна

из лучших монументальных дифованных работ — это выполненная в 1938—1939 гг. по модели скульптора С. Д. Меркурова медная фигура В. И. Ленина для г. Еревана высотой 7 м.

Позднее в 1946—1947 гг. по модели того же скульптора выколочена медная фигура Ф. Э. Дзержинского для г. Дзержинска. В 1951 году по модели скульптора Г. И. Мотовилова исполнены конные фигуры казаков для Цимлянской ГЭС высотой свыше 13 м, а в 1952—1953 гг. по проекту того же скульптора — четыре двухфигурные группы для главного павильона ВДНХ. Все эти работы выполнены из листовой красной меди.

Из нержавеющей стали выколочена двухфигурная композиция «Рабочий и колхозница» по модели скульптора В. И. Мухиной. Высота фигур достигает 24 м.

Все эти работы и ряд других, не отмеченных здесь, послужили практической проверкой различных приемов и методов дифовки.

В настоящее время в области художественной обработки можно выделить следующие виды дифовки:

свободная ручная выколочка;

механизированная выколочка;

выколочка по модели.

Свободная ручная выколочка. Это древний прием (рис. 38), однако, он применяется и сейчас. Зада-



Рис. 38. Серебряный сосуд для воды
(Рим, I в.)



Рис. 39. Декоративная ваза
(современная работа)



Рис. 40. Медная маска
[современная
работа]



Рис. 41. Настольная фигурка
[современная
работа]

ча этой техники — создать из листового металла полое объемное изделие. На прилагаемых рисунках показаны современные декоративные изделия, выколотые из меди: декоративная ваза (рис. 39), маска (рис. 40) и настольная фигурка (рис. 41).

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

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

Второй процесс — сгибание листовой заготовки, когда вогнутая сторона претерпевает сжатие, а выпуклая — растяжение. Сгибание производят стальным (или деревянным) молотком на ребре наковальни. Сгибание может происходить под углом и по радиусу, по прямой, по дуге и по сложной кривой. Это достигается благодаря тому, что в качестве опоры выбирается ребро фасонной наковальни соответствующей формы; при этом происходит не только сгибание, но и вытяжка металла.

Третий процесс — осадка металла, т. е. в результате удара толщина (поперечное сечение) материала увеличивается. Для этого заготовка предварительно гофрится при помощи круглогубцев, а затем гофры осаживаются («выводятся») стальным или деревянным молотком на наковальне. Этот процесс работы является наиболее сложным и требует от исполнителя соответствующих навыков. Гофры, например, должны быть низкими и широкими, их легче осаживать. Высокие и узкие гофры при осадке нагоняются друг на друга, в результате чего образуются трещины и складки. Очень важно, чтобы гофры не были завалены на одну сторону или подсечены. Кроме того, губки круглогубцев или специальных гофрилок должны быть закалены и отполированы, иначе на поверхности металла в процессе гофрирования могут появиться повреждения.

Инструменты, употребляемые при выколотке, делятся на две группы: ударные и опорные.

К ударным инструментам относятся различные по форме молотки, изготавливаемые из различных материалов. Очень широко применяются молотки, сделанные из материалов, имеющих твердость меньшую, чем у металлов. Под ударами таких молотков металл меньше гартуется и, кроме того, на обрабатываемой поверхности не остается от них следов (засечек, царапин и т. п.). К ним относятся деревянные молотки с плоскими или фасонными бойками из твердых пород (клена, самшита и др.). Для упрочнения корпус молотка несколько раз обматывается тесьмой на клею и покрывается лаком. Молотки из текстолита служат дольше деревянных и удобны в работе. Резиновые молотки из литой резины или с резиновыми вставками употребляются для выколотки и выглаживания ответственных деталей, и они не оставляют никаких следов от удара. Молотки со вставками из красной меди, алюминия или свинца служат для обработки цветных металлов.

Стальные молотки, применяемые для дифовочных работ, отличаются большим разнообразием форм (плоские, выпуклые, изогнутые и др.). Наиболее часто употребляются: наводильники — для посадки гофр, гладильники — для правки и проковки металла, шаровые молотки — для выколотки вогнутых и выпуклых форм и т. п. Бойки всех молотков тщательно полируются во избежание образования засечек и царапин на обрабатываемом металле.

В прошлом у мастеров-дифовщиков насчитывалось свыше 100 различных видов молотков. Некоторые из них были настолько узко специализированы, что ими выполнялась только одна строго определенная операция, например «шеечный» молоток для обработки шейки вазы.

К опорным инструментам относятся:

различные по форме наковальни и плиты, на которых произ-

водится правка листового металла, а также гибка под углом (на ребре);

шпераки (бугаи), имеющие обычно два плеча, отличающихся по форме рабочего конца (плоское, округлое, конусное и т. п.); прямые и изогнутые стойки — для удобства обработки сложных по форме изделий;

амбусы — массивные стойки с выпуклой поверхностью, применяемые для выколотки и проковки выпуклых изделий;

скребки — односторонние, двусторонние, прямые и радиусные — для загибки, подсечки, клепки швов и т. п.

В прошлом количество разнообразных опорных инструментов было также велико, как и молотков, и достигало многих десятков. При работе опорный инструмент либо зажимается в стуловые тиски, либо забивается в тяжелый чурбан.

Кроме этих основных инструментов, дифовщики используют многие слесарные инструменты — напильники, шаберы, плоскогубцы, круглогубцы, гофрилки, ручные ножницы для резки металла и т. п.

Свободной выколоткой можно обрабатывать самые различные металлы и их сплавы: золото, серебро, медь, латуни, томпак, алюминий, никелевые сплавы и сталь. Однако свободная выколотка — медленный и трудоемкий процесс, поэтому она применима только для выполнения в металле первых авторских образцов. Но во всех случаях, где это возможно, ее следует заменять более современными и производительными приемами: давкой на станке или дифовкой по модели, а также использовать специальные механизмы.

Механизированная выколотка. В настоящее время для облегчения трудоемких процессов, связанных с выколоткой, применяются различные механизмы, которые можно разделить на следующие группы в зависимости от их назначения:

Правка листового металла — для этого процесса в качестве «малой механизации» применяется трехвалковый станок с ручным или механическим приводом. На нем можно производить правку листов толщиной до 4 мм. Более толстые листы правят на ротационных листопрямильных машинах, позволяющих получать гладкие выравненные заготовки без вмятин и забоин. Правку выпуклых деталей можно производить на пневматических молотах. При этом плоскую наковальню заменяют выпуклой с соответствующим радиусом кривизны.

Гибка деталей цилиндрической формы — процесс, требующий применения листогибочных трехвалковых станков с ручным (для малых изделий) или механическим приводом (для более крупных изделий), на которых можно гнуть листовой металл толщиной до 4 мм. Наиболее совершенными являются копировально-гибочные станки. На них можно получать цилинд-

рические и конусообразные детали, имеющие различные радиусы кривизны.

Гибка профилей— для этого применяются различные механизмы. Наиболее простым является кромкогибочный станок, позволяющий получать детали, изогнутые под различными углами и радиусами, главным образом, прямоугольной формы. На современных кромкогибочных станках можно изгибать профили из листовой стали длиной до 4000 мм и толщиной до 6 мм. Для этой же цели применяются листогибочные прессы, имеющие высокую производительность. Они применяются для получения большого числа одинаковых деталей, имеющих изгибы в одной или нескольких плоскостях под разными углами или по плавной кривой.

В качестве рабочего инструмента на листогибочных прессах применяются специальные или универсальные стальные штампы, состоящие из матрицы и пуансона. Для получения небольших серий изделий из листового металла толщиной до 1 мм пользуются матрицами с запрессованной резиной. При этом процесс гибки происходит путем обжима заготовки по стальному пуансону. Этот способ весьма экономичен и позволяет получать изделия высокого качества.

Выполнение рифтов и зигов на плоскостях, а также на цилиндрических, конусных и шаровых поверхностях производится с большой производительностью и достаточной точностью на зигмашине при помощи специальных парных роликов. При этом деталь зажимается и прокатывается между роликами. При прокатке глубоких зигов сначала металл прокатывают не на полную глубину, а затем при повторном прокате доводят глубину до необходимых размеров. Рабочие поверхности роликов должны быть тщательно отполированы, а острые кромки притуплены по радиусу 3 мм. Кривые профили из толстого листа гнут на специальных роликовых и профилегибочных станках.

Посадка металла— это процесс, для которого применяется посадочный станок, позволяющий производить гофрирование и посадку кромки заготовки, автоматический перемещая ее и подводя новые участки под рабочие органы. Существуют различные типы посадочных станков, позволяющие обрабатывать дюралюминий, латунь и мягкую сталь толщиной от 0,3 до 1,5 мм.

Формовка листового металла— для этого применяются пневматические молоты. Заготовку помещают между нижним и верхним бойком и постепенно передвигают. Верхний боек, ударяя, деформирует заготовку. В процессе работы деталь проверяют по шаблону. Детали из тонкого материала обрабатывают по несколько штук сразу (пакетом). Для изготовления крупных деталей одинарной или двойной кривизны применяют обтяжные гидравлические прессы. На таких прессах можно обраба-

тивать детали длиной до 2800 мм при толщине до 2 мм. Наибольшее усилие машины 360 т.

В настоящее время описанные выше механизмы используются, главным образом, в авиационной, автомобильной, химической, пищевой и других отраслях промышленности, но могут с успехом применяться и в области производства архитектурно-художественных изделий. Применение механизмов значительно повышает производительность труда и ускоряет процессы выколотки. Особенно эффективно применение механизмов при изготовлении больших серий одинаковых изделий.

Выколотка по моделям. Этот способ в настоящее время применяется для производства художественных барельефов и круглой (объемной) скульптуры из меди, латуни и алюминия, а также нержавеющей стали. Этой техникой можно производить крупные экстерьерные декоративные произведения, монументальные фигуры для памятников и интерьерную художественную скульптуру.

Монументы, выполненные дифовкой, значительно экономичнее литых — расход металла меньше, они легче по весу, удобны в перевозке; будучи установленными на стальные каркасы, они достаточно прочны и долговечны.

На рис. 42 представлена голова (деталь монумента «1905 год»), выколотая из медного листа по модели скульптора В. Л. Кербеля.

В настоящее время разработана технология, которая состоит из следующих операций:

1. С авторского оригинала, отформованного в гипсе (в натуральную величину), снимается кусковая гипсовая форма.

2. Посредством кусковой формы по частям изготавливаются цементные модели головы, торса, рук, ног и т. п.

3. Для сильно профилированных деталей фигуры (лицо, кисти рук и др.) отливаются баббитовые модели.

4. Иногда для наиболее ответственных и сложных по рельефу деталей отливаются дополнительно баббитовые формы (для чего соответствующие куски кусковой гипсовой формы специально вновь заформовываются в гипсовую кусковую форму, в которую и производится отливка из баббита). Эти баббитовые формы, подобно матрицам, служат для уточнения рельефа при выколотке.

5. Раскраивается листовый металл для выколотки отдельных деталей (частей) фигуры. Толщина листа в зависимости от размера фигуры для меди, латуни и алюминия берется от 1 до 2 мм, для нержавеющей стали 0,5 мм. Расчет площади листовой заготовки производится приблизительно с учетом вытяжки и посадки. Измерение производят стальной линейкой по огибу модели.

6. Производится предварительный отжиг листовой заготовки для восстановления пластичности с последующим отбеливанием,

Рис. 42. Монумент «1905 год» [деталь]
(скульптор В. Л. Кербель)



промывкой и сушкой. Он применяется для меди, латуни и стали, если материал недостаточно пластичен (нагартован). Алюминий предварительного отжига не требует.

7. Листовая заготовка, наложенная на баббитовую или цементную модель, дифуется резиновым молотком. Для обколотки по модели применяются также деревянные, текстолитовые и свинцовые молотки. Наиболее углубленные места отрабатываются деревянными чеканами. При сложном рельефе применяют разрезы заготовки или вырезы излишков металла, которые не удается посадить. Затем эти участки завариваются и швы проковываются стальным молотком.

8. Осуществляется повторный отжиг заготовки для снятия наклепа. Нагрев производится до темно-красного каления (медь,

латунь, сталь). Алюминий отжигается с большой осторожностью — его нагревают до тех пор, пока предварительно нанесенные на его поверхность мылом штрихи начнут чернеть.

9. Предварительно обколоченная заготовка вновь накладывается на модель и прикрепляется к ней посредством веревок или струбцин (при выколотке рельефов). При повторной обколоте достигается наибольшее соответствие с моделью. Дифовка ведется также деревянными и резиновыми молотками. Иногда при сложной форме модели эта операция повторяется еще несколько раз с промежуточным отжигом.

10. Затем выполняется прочеканка заготовки на смоле стальными чеканами. Для этого заготовка заполняется смолой, состоящей из битума, канифоли и формовочной смеси (литейной) и после застывания смоляной массы прорабатывается соответствующими стальными чеканами и наносится фактура. По выполнении чеканки деталь должна соответствовать авторскому оригиналу.

11. После выполнения всех этих операций производится сборка деталей и монтировка фигуры. Эта операция начинается с подгонки и припиловки краев деталей между собой. Излишки металла осторожно обрезаются ножницами и опиливаются напильниками. Листы подгоняют встык и сваривают. После сварки необходимо швы тщательно зачистить. При сварке (от неравномерного нагрева) происходит коробление и деформация заготовки, которые необходимо устранить. Это осуществляется путем выгибания и простукивания заготовки на специальных приспособлениях — амбусах, заменяющих наковальню.

12. Окончательной операцией является монтировка фигуры на стальной каркас. Для этого предварительно готовят стальной каркас, а на внутренней поверхности фигуры из того же материала, из которого дифовалась фигура, приваривают специальные кламеры, к которым и крепят каркас. Соединение стального каркаса с кламерами из цветного металла осуществляют через текстолитовые прокладки во избежание образования гальванопары.

§ 28. ЧЕКАНКА

Процесс чеканки — обработка материала посредством специального стального стержня — чекана, который при работе ставится в вертикальное положение и по его верхнему концу наносят удары молотком. В результате чего его нижний рабочий конец («бой») оставляет отпечаток на материале. Постепенно, перемещая чекан и каждый раз ударяя по нему молотком, мастер придает материалу желаемую форму — как бы лепит ее.

Для успешного процесса чеканки необходимо, чтобы обрабатываемый материал обладал определенной пластичностью и вязкостью, способностью изменять свою форму под действием силы. Наличие таких свойств характерно для большинства металлов и их сплавов (исключение составляют наиболее хрупкие из них, например, чугун).

Чеканка — обширный раздел художественной обработки металла. Она охватывает значительное разнообразие изделий, весьма различных по своему художественному принципу — от рельефных орнаментальных до горельефных и круглых фигурных композиций, от линейно-графических двухмерных решений, близких к гравировке, до объемно скульптурных (трехмерных) композиций.

Чеканная техника применима для выполнения простейших операций (набивки фактуры), а также для тончайшей лепки человеческих лиц и фигур. В одних случаях из драгоценных металлов чеканят миниатюрные ювелирные изделия, в других — чеканкой обрабатывают многометровые монументальные фигуры из алюминия, меди и стали.

Наличие такого разнообразия технологических приемов, дающих различный художественный эффект, объясняется тем, что техника чеканки очень древняя, развивавшаяся на протяжении многих веков. Она была известна в Древнем Египте, Античной Греции и Риме. С давних времен применялась в искусстве Ирана и Китая, Индии и Японии. Значительное развитие она получила в эпоху Возрождения в странах Западной Европы. Высокого совершенства она достигала в Домонгольской Руси и вновь расцвела в древнерусском искусстве XV, XVI и XVII вв.

В настоящее время чеканка применяется в очень широких пределах как в области художественных работ, так и для технических операций (зачеканка стыков, расчеканка швов и т. п.).

Художественная чеканка делится на два самостоятельных вида работ, имеющих качественные различия в технологиях производства: чеканка из листа и чеканка по литью или оброну.

В случае чеканки из листа задача мастера-художника сводится к тому, чтобы из листовой заготовки средствами чеканки создать новое художественное произведение. При чеканке по литью мастер только выявляет и завершает художественную форму, ранее уже созданную скульптором и отлитую в металле (или вырезанную из металла техникой оброна).

Чеканка из листа. Материалом для этой техники служит листовой металл различной толщины, обладающий свойствами пластической деформации. Наиболее ходовыми считаются листы толщиной от 0,4 до 1 мм. Однако для крупных, монументальных произведений применяются и более толстые листы, например, красная медь толщиной до 2 мм, а листовой алюминий — даже

до 3 мм. В практике чеканки из листа применяются следующие металлы и сплавы:

а) драгоценные металлы — золото, серебро, платина и их сплавы — для чеканки ювелирных изделий. Драгоценные металлы особенно благоприятны для чеканных работ благодаря их высокой пластичности и вязкости, а также способности воспринимать различную фактуру, чисто отделяться, полироваться и т. п. В прошлом золото, серебро и их сплавы — электрум, широко применялись для чеканки дорогой посуды (ковшей, чаш, кубков), а также церковной утвари (окладов, икон, евангелий, евхаристических сосудов и т. п.);

б) цветные металлы — красная медь и ее сплавы (латуни, томпак) — материалы, наиболее пригодные для чеканки декоративных изделий и скульптуры. Они обладают высокой пластичностью, чеканятся легко, допускают глубокую вытяжку, чеканку горельефов и круглой скульптуры, хорошо отжигаются и разнообразно отделяются. Никелевые сплавы (мельхиор, нейзильбер) в настоящее время применяются редко, но в прошлом (особенно в конце XIX века) широко использовались для чеканки художественной посуды, имитирующей серебряную.

Листовой цинк в холодном состоянии не обладает достаточной пластичностью и чеканится плохо (трескается), требует специальных приемов (подогрев). Листовой алюминий чеканится очень мягко и легко, допускает глубокую вытяжку, но требует особых предосторожностей при отжиге. Дюраль — жесткий сплав, чеканится трудно, но дает интересные имитации серебра;

в) черные металлы — мягкая, малоуглеродистая сталь, предварительно отожженная и протравленная — так называемый «декапир» (или дважды протравленная до и после отжига — «дважды декапир») — материал, более трудный в чеканке по сравнению с медью, но очень красивый в отделке; его применяют для чеканки крупных декоративных изделий, не требующих тонкой детализации. Так же, как и медь, он позволяет вытягивать высокий рельеф.

Для некоторых простых декоративных приемов чеканки (расходки, просечки) можно применять листовую кровельную сталь (кровельное железо). Нержавеющая (хромоникелевая) сталь — красивый, современный, очень эффектный материал, но чеканится трудно; она может применяться для крупных экстерьерных декоративных изделий.

Чеканы представляют собой специально откованные стальные стержни длиной 120—170 мм восьмигранного (реже круглого) сечения, несколько утолщенные в средней части и утоненные к концам. Такая форма обеспечивает большую устойчивость чекана и отсутствие вредных вибраций. Кроме того, она соответствует размерам и форме человеческой руки и удобна в работе.



Рис. 43. Чеканка по серебру. Отделка фона канфарником

Различают следующие группы чеканов, имеющие различную форму «боя» в зависимости от их назначения:

Канфарники — чеканы с заостренным концом в форме тупой иглы; для мелких работ применяются более острые, для крупных работ — тупые. Канфарники служат для перевода рисунка с бумаги на металл, а также для отделки фонов точками («канфарение») (рис. 43).

Расходники, или **обводные чеканы** — инструмент, при помощи которого на металле воспроизводят контур рисунка, обводя его по точкам канфарника в виде более или менее четкой сплошной линии. Широкие (толстые) расходники дают более мягкую линию, острые — наоборот, более сухую, четкую. Расходники бывают прямые — для проведения прямых линий и полукруглые с различным радиусом закругления — для обводки кривых линий. На рис. 44 показан фрагмент, выполненный расходкой.

Лощатники — наиболее обширная и разнообразная группа чеканов с более или менее плоским «боем». Применяются для лощения, выравнивания плоскостей и ровных поверхностей. Лощатники бывают гладкие или шероховатые и соответственно след от них на металле получается гладкий, как бы кованный, или матовый — шероховатый, мягкий.

Пурошники (пурочки) — чеканы с круглой, сферической головкой; служат для выколотки («подъема») полукруглых форм при чеканке с изнанки или для получения «ямочной» фактуры при работе с лицевой стороны.

Бобошники (или «обжимные») — аналогичные чеканы, но с продолговатым, овальным, бобовидным «боем».

Трубочки — чеканы, имеющие вогнутую, полушаровидную форму «боя» различных диаметров и глубин. На металле они



Рис. 44. Чеканка по меди. Расходка обводным чеканом

образуют выпуклый сферический отпечаток — как бы имитация зерна.

Рисунчатые чеканы — инструменты, по форме напоминающие лощатники, но дают рисунчатые отпечатки: решеточки, полосатость, ямчатость, штриховатость и т. п. Они употребляются при отделке для придания соответствующих фактур, обработки фонов и т. п. На рис. 45 дан фрагмент отделки рисунчатым чеканом.

Специальные чеканы — инструменты, применяемые для узко специализированных целей например, «сапожок» — для получения поднутрений на рельефе или «веревочка», отпечаток которого, повторенный многократно, дает иллюзию витого шнура и др.

Фигурные чеканы, или пуансоны — инструменты, на рабочей части которых граверной техникой выполнены фрагменты орнамента (завитки, листья, цветы, розетки) или буквы и цифры. Древнерусские чеканщики применяли также пуансоны с изображением рук, глаз и т. п., что значительно облегчало и ускоряло чеканку лицевых, культовых изображений.

Сечки — чеканы, остро заточенные (подобно зубилам), с плоским и полукруглым лезвием. Они применяются для просекания фона при ажурных работах из листа или срубания литников и излишков литья при чеканке по литью.

Описанные группы чеканов различаются также и по размеру и толщине. Так, для мелких ювелирных работ употребляются чеканы, откованные из тонких стальных прутков сечением 3—4 мм. Для обычных (средних) работ применяются чеканы толщиной (в средней части) до 6—8 мм, а при чеканке крупных, декоративных композиций с большими формами толщина чекана достигает



Рис. 45. Чеканка по серебру. Работа рисунчатым чеканом

15—20 мм и более. Такие крупные чеканы мастер часто держит просто в кулаке (как зубило). Иногда для выколотки высоких больших форм применяются деревянные чеканы, как при диффовочных работах.

При чеканке объемных, полых изделий (сосудов, скульптур и т. п.) для выколотки отдельных участков формы изнутри применяются длинные изогнутые чеканы — так называемые «крюки» и «трещотки». Они представляют собой массивные стальные стержни, изогнутые под прямым углом. Рабочие концы крюков делаются то более плоские и округлые, то более узкие и острые, но все же притупленные, чтобы не прорывали металл. Такие же формы и у боевых концов «трещоток».

Кроме чеканов, в работе чеканщика применяется молоток. Современная, специфическая форма чеканного молотка выработалась в процессе многовекового усовершенствования и отбора. С одной стороны он имеет плоскую поверхность (квадратную или круглую в очертании) — для нанесения удара по чекану, а с другой стороны шарообразный или полукруглый конец — для выколотки углублений в листовом металле. Особенностью чеканных молотков является также специальная форма их рукояток и насадка. Рукоятка слегка плоская, изогнута и утолщена к концу. Такая форма легко и удобно ложится в ладонь и не утомляет руку при многочасовой непрерывной работе.

Подсобные материалы и приспособления, употребляемые при чеканке:

1. Смола — для закрепления листового металла при его обработке. В ее состав входят: искусственные смолы (от перегонки нефти) или естественные (смолы хвойных пород — ели, сосны) с

добавлением наполнителя. В качестве наполнителя используют мелкую сухую землю, старую горелую формовочную смесь, сухую охру, золу и другие вещества. Чем больше процент наполнителя, тем тверже становится смола. Для большей вязкости и мягкости смолы к ней иногда добавляют воск до 5—10% общего объема, а для большей клейкости и прочности — канифоль.

2. Мешки из прочной ткани (брезент), наполненные песком и зашитые, используются при выколотке рельефа, для ускорения работы. Но выколотка на мешках не дает точных контуров; она является только подготовительной операцией и обычно требует дополнительной обработки на смоле.

3. Листовая резина и листовой свинец, используемые так же, как и мешки с песком, для обработки отдельных участков на чеканном листе преимущественно при мелких работах. Иногда вместо резины используют войлок.

4. Стальные, чугунные и каменные плиты или деревянные доски — для выравнивания фонов и плоских чеканок.

5. Приспособления для насмолки и отжига — паяльные лампы, кузнечные горны, специальные электронагревательные устройства для насмолки.

6. Приспособления для очистки — ванны с травильными растворами и отбелом, крацевальные и шлифовочные станки, пескоструйные установки.

7. Ящики (доски) и котелки для насмолки плоских и объемных чеканок.

8. Тиски (стуловые) — для зажима крюков (трещоток) при работах по выколотке объемных форм изнутри.

9. Приспособления для варки и наложения смолы. Для варки применяется котел с электрическим подогревом. Нагрев открытым пламенем не желателен, так как смола легко вспыхивает и горит, а горелая смола теряет свои пластические свойства и для ответственных работ непригодна. Для наложения и разравнивания смолы на доски (ящики) применяется специальный скребок.

10. Слесарный инструмент: ножницы для резки металла, плоскогубцы для подгибания углов и краев листа при насмолке, кузнечные клещи — для захвата чеканки при отжиге, напильники, надфиля и рифлевки для нанесения фактуры и опиловки краев ажюра при просечных работах.

Технология чеканки

Подготовка рисунка. Для осуществления чеканки из листа прежде всего готовят рисунок, выполненный на бумаге в натуральную величину (шаблон). Рисунок выполняют в линейной (контурной) манере, без теней, и он имеет небольшие поля для приклейки его на металл.

Для исполнения рисунка на объеме на бумаге делают его раз-
вертку: целиком — для простых форм, имеющих один радиус
кривизны (конус, цилиндр), на которые бумага легко наклады-
вается, или по частям — для шарообразных и сложно-профилиро-
ванных форм, имеющих несколько радиусов кривизны. Наложение
и совмещение рисунка, выполненного на плоском листе бума-
ги, на сложно-профилированную поверхность изделия можно
(условно) достичь только на небольших участках формы с боль-
шей или меньшей степенью деформации бумаги. Такие изделия
перед нанесением рисунка предварительно размечаются и рису-
нок переводится по частям (фрагментарно).

Подготовка бляшки. Исходя из размера и конфигурации ри-
сунка, от листового металла ножницами отрезают прямоугольную
бляшку с таким расчетом, чтобы на ней свободно размещался
весь рисунок и еще кругом оставался небольшой свободный край
шириной 30—40 мм. Этот край необходим для более прочного
удержания бляшки на смоле в процессе чеканки, особенно при
выколотке высокого рельефа недалеко от краев. При чеканке у
самого края бляшки она обычно отскакивает от смолы (особенно
от твердой) и ее приходится насмаливать вновь.

Отрезанную по размеру бляшку выравнивают деревянным
молотком на плите и плоскогубцами слегка загибают у нее края
и углы. Подготовленная таким образом листовая заготовка проч-
нее держится на смоле.

Насмолка. Для насмолки плоских чеканок применяются специ-
альные доски или ящики, дно которых делается из толстого теса
(толщиной 20—30 мм). Из более тонких планок со всех четырех
сторон прибиваются невысокие борта, образующие неглубокий
ящик. Он до краев заполняется заранее сваренной и разогретой
смолой, которой дают остыть и затвердеть. Размеры ящика
должны немного превышать размеры бляшки так, чтобы от края
бляшки до стенок ящика оставалось свободное поле смолы — не
меньше 20—30 мм. Глубина ящика также соответствует высоте
рельефа — чем выше рельеф, тем глубже ящик.

Затем пальной лампой или пламенем газовой горелки разо-
гревают верхний слой смолы, слегка размешивая и разравнивая
его при этом скребком. Когда верхний слой смолы хорошо разо-
гревается, на него укладывают бляшку, следя за тем, чтобы она
разместилась на одинаковом расстоянии от краев ящика и не уто-
нула глубоко в смоле. Кроме того, очень важно, чтобы под бляш-
ку не попал воздух и она присмолилась всей своей плоскостью;
после этого бляшке дают остыть.

Объемные формы — стаканы, вазы, круглые скульптуры, а
также глубокие барельефные и горельефные формы чеканят,
наполнив их смолой. Для этого смолу разогревают и заливают в
полость объемных форм, следя за тем, чтобы там не остался воз-
дух и не образовалось пустот. При чеканке это приводит к трудно-

исправимому браку, так как металл под ударами чекана на пустотах проваливается, а иногда и прорывается.

В качестве опоры для объемных чеканок употребляются специальные котелки, выдавленные в форме полушара из листовой стали и заполненные предварительно разогретой смолой немного выше края (горкой). На таком котелке, пока смола не совсем застыла, но уже загустела, готовят место для обрабатываемого изделия. Для этого горячую и еще вязкую смолу покрывают мокрой бумагой или тряпкой, а сверху кладут подлежащий чеканке объемный предмет (наполненный смолой) и слегка вдавливают его в смолу. Тряпка или бумага не дают смоле прилипнуть к предмету, и на котелке образуется углубление (отпечаток), точно соответствующее его конфигурации. В таком углублении предмет хорошо и прочно удерживается в процессе чеканки, легко снимается и не пачкается о смолу.

Под котелок при чеканке подкладывается специальная подставка в форме кольца, сделанная из резины или свернутая из обрезков приводных ремней.

Перевод рисунка. На насмоленную бляшку или объем переводят заготовленный рисунок. Для этого металлическую поверхность слегка покрывают акварельными белилами и через копировальную бумагу переводят рисунок. Готовый рисунок на металле закрывают нитролаком, чтобы он не стирался при работе. Однако рисунок, переведенный через копировальную бумагу, непрочен, и при чеканке ответственных работ (больших многофигурных композиций, портретов и др.) лучше применять старый испытанный прием — к а н ф а р е н и е.

Для этого рисунок прикрепляют к металлу посредством пластилина (воска) или наклеивают мыльным раствором, а затем специальным чеканом-канфарником пробивают рисунок по контурам рядами точек, образующих пунктирные линии, хорошо заметные после снятия бумаги. Канфарить надо легко, но уверенно, так, чтобы каждая точка от удара канфарника была хорошо заметна, но не пробивала металл глубоко.

Излишне глубокое канфарение почти невозможно вывести в процессе всей последующей чеканки, а ее следы не всегда желательны на готовом изделии. Мелкий рисунок канфарят острым чеканом, набивая точки часто (близко друг к другу). Крупный рисунок наносят тупым канфарником, редким пунктиром. Рисунок после умелой, аккуратной канфарки сохраняется и может использоваться повторно.

Расходка и опускание фона. Процесс чеканки обычно начинается с обводки или расходки сканфаренного рисунка. Выбрав соответствующий по ширине обводной чекан — расходник, «проходят» им по всем линиям рисунка, соединяя точки канфарника в одну сплошную линию и углубляя все контуры. Для мелких ювелирных работ употребляются острые расходники, дающие

четкие, узкие штрихи; для крупных чеканов — наоборот, тупые, широкие расходники. При очень больших работах обводку делают иногда даже не расходником, а бобошником. Причем для еще большей ширины расходки бобошник ставят поперек и проводят линии его широкой стороной. После расходки рисунок становится хорошо видимым и с лицевой, и с обратной стороны.

Следующей операцией является опускание фона вокруг рисунка при помощи более или менее плоских чеканок (лощатников), которыми «выводится расходка». Для этого чекан держат несколько наклонно в сторону рисунка и, сохраняя стенку, образованную расходником со стороны рисунка, выравнивают (осаживают) противоположную, обращенную к фону стенку. Опусканием фона добиваются выявления рельефа. Рисунок начинает выступать, несколько, возвышаясь над осаженным фоном. Этим заканчивается первый этап чеканки. Металлическая пластина к этому времени уже успевает нагартоваться, и для дальнейшей обработки требуется отжиг (рекристаллизация).

Отжиг. Для проведения отжига чеканку снимают со смолы, нагрев ее с поверхности паяльной лампой, после чего она легко отделяется. Захватив пластину клещами за край, ее нагревают до темно-красного каления. В процессе нагрева металл отжигается и вновь приобретает вязкость и пластичность. В то же время смола с оборотной стороны выгорает, и оставшаяся пыль легко удаляется крацовой, отбелкой и промывкой. Заготовка становится совершенно чистой и после просушки вновь поступает в дальнейшую обработку.

Отжиг драгоценных, цветных, а также черных металлов и сплавов не представляет трудностей. Как только смола сгорит и металл начнет слабо краснеть, нагрев прекращают и процесс отжига заканчивается. Некоторые особенности имеет отжиг алюминия и его сплавов. Процесс рекристаллизации алюминия начинается уже при 100° , т. е. задолго до начала красного каления (свечения). В то же время температурные интервалы красного каления и плавления у алюминия очень близки. Таким образом, если алюминий нагревается докрасна, то он тут же начинает плавиться и выполненная работа разрушается. Поэтому при отжиге алюминия и его сплавов (дюралей) пластину нагревают незначительно, и о температуре рекристаллизации судят по почернению (обугливанию) мыла, которым предварительно чертят полосы на подлежащей отжигу алюминиевой заготовке.

После отжига алюминиевую пластину промывают в подогретом растворе двууглекислой соды или едкого натра.

Выколотка рельефа. Работа по выколотке рельефа заключается в дальнейшем подъеме рельефа (если это предусмотрено рисунком). Рельеф выколачивают с обратной стороны на резине или мешках с песком. При этом рельеф стремятся приподнять возможно точнее — в соответствии с рисунком. Выколотка ведет-

ся различными чеканами (при мелкой работе) или просто обратной стороной молотка (при крупных чеканках).

Иногда подъем делают выше, чем следует, — с некоторым запасом, с расчетом на последующую обработку на смоле. Четкость рельефа при выколотке без смолы получить невозможно, но эта задача и не ставится. Четкость достигается позднее — при окончательной чеканке на смоле. При выколотке рельефа важно, чтобы металл тянулся эластично и не рвался. Кроме того, при выколотке необходимо правильно установить основные соотношения в планах рельефа и определить их высоты.

При ответственных работах (например, портретных чеканках) необходимо следить за тем, чтобы не сбить рисунок. Отдельные участки рельефа, которые должны быть наиболее резкими и четкими (острые углы, грани и т. п.), выколачиваются на деревянной доске или еще лучше на листовом свинце. Все участки фона выравниваются и устанавливаются так, чтобы они лежали в одной плоскости. Это достигается путем их простукивания лощатниками на стальной, чугуновой или мраморной плите. После выколотки рельефа и выравнивания фона пластина вновь отжигается, отбеливается, промывается и высушивается для вторичной насмолки и окончательной доработки на смоле.

Вторичная насмолка и окончательная доработка рельефа. Вторичная насмолка производится так же, как и первая, с той лишь разницей, что при вторичной насмолке вся полость рельефа заполняется расплавленной смолой и только после ее остывания и твердения чеканку насмаливают на ящик. Если в процессе насмолки на лицевую поверхность рельефа попала смола, то ее снимают тряпкой, намоченной в керосине, и насухо протирают.

При окончательной прочеканке рельефа производится детальная проработка всех форм, выявление их характерных особенностей, устанавливается соразмерность всех деталей главному, создается цельность всего рельефа. Большую роль в окончательной отделке играет фактура чеканных поверхностей; сочетание гладких, кованых и матовых (шероховатых) элементов рельефа помогает при ничтожных разностях в высотах рельефа получать большой декоративный эффект.

Значительно обогащает чеканку применение различных рисунчатых чеканов, придающих отдельным участкам рельефа полосатую, решетчатую, ямчатую или ячеистую фактуру. Заканчивая работу, вновь применяют расходник (иногда острый). При этом едва уловимые штрихи или расщечки, нанесенные им, подчеркивают ту или иную форму.

Большое значение имеет отделка фона — его делают то гладким, кованным, то матовым, пестрым или рисунчатым. Иногда его канфарят, а иногда совсем просекают (при тонком листе) или выпиливают лобзиком (при более толстом листовом металле).

Рис. 46. Серебряная
братина царевны Ирины
(XVII в., Государст-
венная Оружейная
палата)



Просечку фона осуществляют, не снимая работу со смолы, после ее полной и окончательной доработки. Для просечки применяют специальные сечки и мелкие зубильца с прямым и полукруглым (серповидным) рабочим концом, остро заточенные.

Пропиловку делают лобзиком после снятия со смолы и отжига для удаления остатков смолы на оборотной стороне чеканки, которая мешает пропиловке. После просечки или пропиловки заусенцы опиливаются надфилями различных профилей.

При окончательной отделке работы применяют большое количество разнообразных чеканов. Общее их число, которое должно быть во время работы у мастера под рукой, достигает обычно 200—250 шт., а при сложных работах еще больше.

На рис. 46 показана серебряная братина XVII в. из Государственной Оружейной палаты, представляющая собой совершенный образец древнерусского чеканного искусства. Здесь очень умело и с большим вкусом использованы все приемы и возможности чеканки.

Обычно при работе чеканы отковывают из стального прутка, опиливают их и при помощи напильников придают их боевому концу необходимую форму. После чего он отшлифовывается (а если нужно полируется) и закаливается. Твердость закалки рабо-



Рис. 47. Серебряная ендова окольного Стрешнева [XVII в., Государственная Оружейная палата]

чего конца у чеканов составляет от 7 до 12 (по Роквеллу), в зависимости от характера работы. При чеканке по листу чеканы закаляются слабее, при чеканке литья — сильнее.

Иногда для чеканки из чистого золота и серебра чеканы оставляют сырыми, не закаленными. Для новой работы подбирают необходимый комплект чеканов, а недостающие доделывают. Таким образом, постепенно накапливается огромное разнообразие чеканов (тысячи), которые постоянно находятся в работе.

Как указывает проф. Ф. Я. Мишуков, существует большое разнообразие в последовательности работ и приемов чеканки. В зависимости от конкретных условий, материала и поставленных задач, применяют различные варианты технологии. Например, при точных работах, требующих большой четкости и верности форм и контуров рисунка, технология чеканки меняется — сканфаренный рисунок тщательно обводят и после расходки лист сразу снимают со смолы, отжигают, отбеливают и насмоливают наизнанку, т. е. обратной стороной наверх. Дав смоле затвердеть, выколачивают рельеф непосредственно на смоле. Линии расходника хорошо видны с изнанки и работа получается очень точной.

При опускании рельефа на смоле он получается точным и чистым, полностью соответствующим замыслу, что невозможно получить при выколотке рельефа на песке или резине, когда при ударе опускается большой участок металла (который потом уточняют при насмолке). При опускании рельефа на смоле опускается строго ограниченная, определенная форма рельефа — только та, по которой наносится удар чекана. В дальнейшем работа,

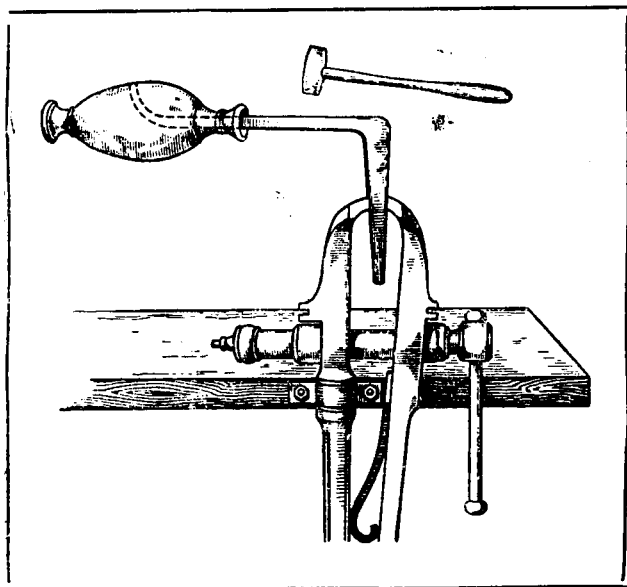


Рис. 48. Обработка изделия трещоткой

опять пересмаливается налицо, еще раз уточняются формы и высота приподнятого с изнанки рельефа и заканчивают чеканку нанесением фактуры и другими приемами отделки.

Иногда при сложных работах с многофигурными рельефами, большим числом планов и т. п. пересмолка на ту и другую сторону производится несколько раз, пока не будет достигнут желаемый результат.

При крупных декоративных работах с очень высоким рельефом или при чеканке горельефов применяют перевод рисунка не на лицевую, а на левую, оборотную сторону листа (соответственно подготавливают и рисунок). Рисунок канфарят прямо на доске верстака без насмолки (чтобы сократить время), затем лист насмаливают, причем опять наизнанку (оборотной стороной наверх), дают смоле немного остыть (до загустения) и начинают выколачивать рельеф, опуская его вниз, в глубь смолы. Работу ведут быстро, пока не остынет и не затвердеет смола. Чеканят крупными чеканами сферической формы («выдавными» чеканами) или прямо оборотной стороной большого чеканного молотка, у которого размеры шарообразного конца достигает 20—25 мм в диаметре. Выколотив необходимый рельеф, пластину пересматривают налицо и заканчивают обычным путем. Существуют и другие приемы чеканки плоских предметов.

Чеканка объемных форм. Начальные стадии чеканки на объе-

ме (канфарение и расходка рисунка) производятся так же, как и на плоскости. Выколотка рельефа производится иначе. Обычными чеканами поднять рельеф на объемной форме не удастся и работу ведут крюками или трещотками. Исключение составляют очень большие вазы и другие объемные формы, когда в полости формы оказывается достаточно пространства не только для того, чтобы поставить чекан, но и размахнуться молотком.

Работу крюками ведут следующим образом: объемный предмет укладывают на верстаке, подложив под него мешок с песком или резину. Затем, поставив боевой конец крюка в полости формы, на участок рельефа, подлежащий выколотке, ударяют молотком по штанге крюка и таким путем приподнимают тот или иной элемент рисунка. Повторяя операцию многократно и каждый раз передвигая бой крюка по внутренней поверхности объемной формы, постепенно выколачивают весь рельеф до необходимой высоты.

На рис. 47 показана серебряная ендова, рельеф на которой поднят крюками.

Работа трещоткой осуществляется иначе. Ее зажимают нерабочим концом в ступовые тиски, а сосуд держат в руке (рис. 48). Затем наставляют боевой конец трещотки внутри сосуда на участок, рельеф которого хотят приподнять (выколотить), и сильно ударяют молотком по штанге трещотки. Она вибрирует и с достаточной упругой силой наносит удар, поднимая рельеф.



Рис. 49. Серебряный кубок из Триалети
[Грузия, второе тысячелетие
до н. э.]

Работа крюками и трещоткой требует большого навыка. Особенно трудно выколачивать рельеф на сосудах с узким горлом, через которое нельзя увидеть, куда намечен бой трещотки или крюка. В этом случае работа ведется на ощупь. Работа контролируется только по результатам, после каждого удара по рельефу, который получается на поверхности сосуда снаружи, и трещотку передвигают в соответствии с тем, где был произведен удар. Если рельеф на объемном предмете должен быть невысоким, то его целесообразно выполнить на плоскости (на развертке), а затем уже согнуть его по форме предмета и примонтировать. Для этого рельеф чеканят обычным приемом и осторожно сгибают руками или легким простукиванием деревянным молотком.

Можно выделить следующие виды чеканных работ из листа, отличающиеся по своей технологии и дающие различный художественный эффект:

Плоскостные (двухмерные) чеканные произведения, выполненные только расходкой. Расходка может быть выполнена как с лицевой, так и обратной (левой) стороны, или с изнанки. Изделия, выполненные с лицевой стороны, несколько напоминают гравированные. Одним из наиболее древних примеров этого



Рис. 50. Чеканная декоративная тарелка
[современная работа]



Рис. 51. Медный просечной колпачок
[XVII в.]



Рис. 52. Медная чеканная пластинка
[современная работа]



Рис. 53. Чеканное серебряное блюдо
[XVIII в.]

приема служит серебряный кубок из Триалети (Грузия), относящийся ко второму тысячелетию до н. э. (рис. 49).

Расходка с изнанки часто применяется современными художниками (рис. 50).

Расходка с просечкой или выпилровкой фона — очень простой и в то же время эффектный вид художественной обработки металла, создающий легкие, ажурные металлические



Рис. 54. Серебряная чаша
[Рим, I в.]

кружева. Этот прием часто применялся в русском декоративном искусстве для выполнения предметов из листового железа, меди и серебра. На рис. 51 показан медный ажурный колпачок XVII в.

Чеканка без узоров (не изобразительная) — набивка фактуры пурошником, бошником или рисунчатыми чеканами.

Расходка с опусканием фона — широко распространенный современный прием. Применяется для ювелирных работ (рис. 52) и различных декоративных изделий.

Расходка с легкой выколоткой рельефа с изнанки — прием, благодаря которому на предмете получается рисунок не в виде однообразных линий, а в виде «живого» рисунка — легкого и сочного. Линия на таком рисунке становится то плотной и непрерывной, то переходит в отдельные быстрые штрихи, например, блюдо (рис. 53) русской чеканки из серебра XVIII в.

Рельефная чеканка с полной обработкой рельефа различной высоты и степени детализировки — широко распространенный прием как в прошлом, так и современном искусстве. Например, римская серебряная чаша (I в.) (рис. 54).

Чеканка объемных изделий скульптурного типа из драгоценных металлов — это выколотка с последующей чеканкой, см. § 24. Древний пример — золотая ваза (IV век до н. э.), найденная в Болгарии (рис. 55).



Рис. 55. Золотая ваза
[Болгария, IV в. до н. э.]



Рис. 56. Кубок-петух
[Германия, XV в.]



Рис. 57. Декоративная чеканка
[современная работа]



Рис. 58. Золотая чаша
[Оружейная палата, 1653 г.]

К XV веку относится серебряный кубок-петух (Германия) (рис. 56).

Чеканка без насмолки крупных обобщенных декоративных рельефов из листового алюминия, железа и меди — современные приемы (рис. 57) обработки металла.

Чеканка с применением эмали, например, золотая чаша 1653 г. (Оружейная Палата) (рис. 58).

Чеканка по литью или оброну — чеканка литья или оброна применяется в тех случаях, когда необходимо получить особенно четкую и ясную чеканную форму. В основном чеканят отливки, полученные при литье в земляные формы. Современные, новые виды литья (кокильное, точное) чеканки не требуют, так как отливки при этом получаются весьма точные и четкие.

Различают следующие виды литья, которые подвергаются чеканке:

1) ювелирное литье из драгоценных металлов (золото, серебро). Ювелирная чеканка драгоценного литья требует высокого мастерства;

2) бронзовое статуарное (памятники) и декоративное литье, а также отливки из литейных латуней;

3) художественное литье из алюминиевых и магниевых сплавов, отлитое в земляные формы;

4) чугунное художественное литье (из ковкого чугуна), которое чеканится довольно сложно вследствие большой твердости и хрупкости чугуна;

5) декоративное литье из никелевых сплавов (мельхиора, нейзильбера); в настоящее время оно применяется очень редко;

6) оловянное орнаментальное литье, применявшееся в древнерусском искусстве; в настоящее время почти забыто;

7) литье из цинковых сплавов в земляные формы. В прошлом широко применялось для отливки декоративных изделий и подвергалось чеканке. В настоящее время такое литье чеканится редко, так как оно преимущественно производится кокильным способом.

Для чеканки литья применяют те же инструменты и приспособления, что и для листовой чеканки, за исключением крюков и трещоток. Разница заключается только в более твердой закалке боевых концов чеканов, особенно при чеканке чугуна и литейных латуней, а также некоторых бронз (кремнистых и фосфористых) и силумина.

Ассортимент форм чеканов тот же, что и при чеканке по листу, за исключением канфарников, которые при чеканке литья используются только для набивки фактуры, так как необходимость в переводе рисунка здесь отпадает. Кроме того, при чеканке литья почти не применяются пуансоны.

Для закрепления отливок при чеканке также используется смола. Плоские отливки насмаливаются на ящики или доски, небольшие объемные детали чеканят на котелке. Мелкие ювелирные изделия (медали, украшения) закрепляют на канифоль.

Крупные детали удерживают в тисках, при этом под губки тисков подкладывают листовую свинец или деревянные прокладки, чтобы не повредить поверхности отливки. Зажимать литье в тисках следует очень осторожно, чтобы не смять его форму, особенно пустотелое и тонкостенное, которое при неаккуратном обращении легко мнется и образует трещины.

Очень большие, тяжелые и громоздкие отливки чеканят на верстаке или прямо на полу (например, бронзовые памятники). Литье, подлежащее чеканке, прежде всего очищают от формовочной смеси при помощи крацевочных станков или вручную. Затем оно отжигается до темно-красного каления, отбеливается, промывается и высушивается. Отожженные детали легче чеканятся, но можно чеканить и без отжига.

Чеканку литья начинают с устранения следов литника. Если литник поставлен правильно — с внутренней или оборотной стороны изделия, то его следы легко удаляются опиловкой при помощи напильника и зачеканиваются. Но в некоторых случаях

следы литника оказываются на лицевой стороне изделия, тогда необходимо сечками или зубилом осторожно срубить излишек металла и прочеканить форму подобранными чеканами. Иногда, если литник поставлен неудачно, приходится вырубать рельеф или воспроизводить недостающие элементы орнамента. На отливках, выполненных в кусковых формах, всегда остается более или менее заметный облой; в местах стыка кусков его также срубают и зачеканивают.

На пустотелых отливках сложной формы (фигуры) часто бывают отверстия от знаков стержней. Такие отверстия рассверливают и в полученные цилиндрические отверстия вставляют на резьбе пробки и их зачеканивают. Пробки вытачивают из того же материала, из какого была произведена отливка. Лучше всего для этой цели использовать крупные литники (или специально отлитые цилиндрические болванки). Пробки, изготовленные из такого материала, после их зачеканки и отделки всей фигуры становятся совершенно незаметными. Часто приходится исправлять брак литья — раковины, неслитины, а также наросты, облои и другие дефекты, которые получаются либо от перекоса опок, либо от осыпания земляной формы, или на месте выбоин от удара и разрыва струи металла при заливке форм. В этих случаях на отливках образуются более или менее заметные выступы. Их также аккуратно (чтобы не захватить основную форму) срубают сечкой и зачеканивают — сначала шероховатыми чеканами с крупным зерном, чтобы затянуть или сравнять дефект, восстановить основную форму, а затем уже отделывают гладкими или матовыми чеканами, в зависимости от характера и фактуры всего рельефа и в соответствии с замыслом автора (скульптора).

При окончательной чеканке литья очень точно подбирают чеканы — по форме боя и его фактуре, чтобы возможно лучше выразить характер изображаемого, например, сочность плодов или нежность лепестков и пышность цветов; мягкость складок ткани или пушистость меха или, наоборот, жесткость и твердость граней камня, упругость и блеск металла и т. п. Для этой цели, кроме различных чеканов, применяются напильники, рифлевки и надфили, а также шаберы и воронила для получения гладких, полированных поверхностей.

На рис. 59 дан фрагмент бронзовой решетки из Успенского собора Московского Кремля, которая является примером высокого мастерства чеканки по литью.

В настоящее время при чеканке и отделке художественного литья широко используются бормашины (с гибким шлангом) с набором различных стальных и абразивных шарошек, которые значительно облегчают труд обработки и отделки литья. Шарошками легко удаляются различные наплывы, наросты, следы литников, а также поверхности придается разнообразная фактура, которой невозможно достичь чеканами.

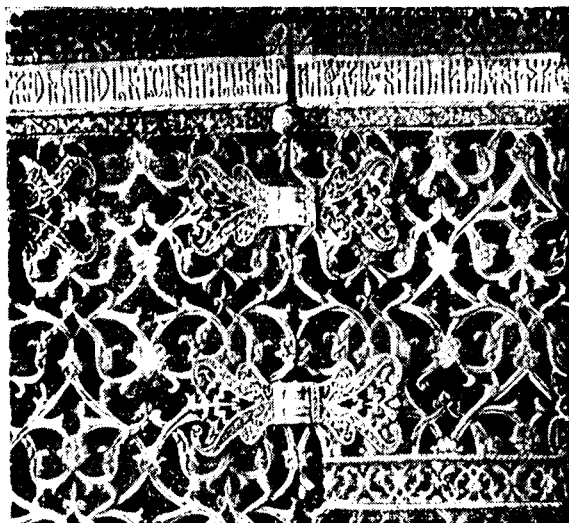


Рис. 59. Бронзовая чеканная решетка из московского Успенского собора [фрагмент]

Для получения сплошных, равномерных матовых, бархатистых поверхностей применяют обработку пескоструйными установками с различной величиной зерен песка. Крупнозернистый песок дает красивые шероховатые отделки. Мелкий песок придает поверхности тончайшую матовую бархатистость.

При чеканке крупного монументального литья, кроме ручного инструмента, широко применяется механизация обрубочных и чеканочных работ при помощи пневматических молотков. Молотки работают сжатым воздухом, который автоматически, попеременно подается то в верхнюю, то в нижнюю полость молотка, и с силой перемещают плунжер, нанося удар.

Применяются различные типы молотков, отличающиеся по своим характеристикам (весу, размерам, числу ударов в минуту, длине хода и т. п.). Существующие конструкции молотков позволяют быстро и легко заменять инструмент. Рабочий инструмент: зубила, крейцмейсели или чеканы вставляются в буксу, запрессованную в ствол молотка при помощи специального хвостовика. Пневматическими молотками выполняют различные подготовительные операции — обрубку литников и наростов, затягивание раковин, а также нанесение грубых фактур и др.

Для подъема и переноски тяжелых отливок применяются мостовые и поворотные подъемные краны, тали и т. п. Очистка крупного литья от формовочной земли производится гидромониторами (струей воды).



Рис. 60. Стальной штамп

Художественная чеканка применяется в следующих областях:

1. Чеканка уникальных художественных изделий (авторские оригиналы), начиная от ювелирных и кончая крупными монументальными произведениями, которые могут выполняться как непосредственно техникой чеканки из листа, так и литьем или оброном с последующей чеканкой. Эти работы требуют высокого мастерства и художественного вкуса. Иногда они исполняются самим автором-художником.

2. Чеканка серийной или массовой продукции, выполненной литьем. Иногда эта работа сводится лишь к небольшой (неполной) поверхностной проработке рельефа, подчеркиванию отдельных элементов расходкой, шабровке гладей и т. п. Такая неполная обработка называется «подчеканкой», и она выполняется мастерами-чеканщиками средних разрядов (3—4).

3. Чеканка моделей под литье, которые могут выполняться непосредственно из листа или с предварительной лепкой, отливкой и путем чеканной проработки литья. Эта работа требует большого мастерства и поручается обычно чеканщикам высших разрядов.

4. Чеканка моделей для гальванопластического тиражирования (см. раздел «Гальванопластика»).

5. Чеканка бронзовых и стальных штампов и прессформ (см. раздел «Гравирование») (рис. 60).

6. Чеканка басменных досок (см. ниже раздел «Басма»).

§ 29. БАСМА

Басма как самостоятельный вид художественной обработки металла является своеобразным развитием и усовершенствованием чеканки. Вместо многократных ударов чеканом, необходимых для лепки сложной формы, еще на ранних стадиях применялись фигурные чеканы — пуансоны, производящие тиснение. Одного удара такого пуансона было достаточно, чтобы его боевой конец сообщил металлу соответствующую форму. Басмен-

ные доски — матрицы являются дальнейшим развитием техники тиснения; она заменяет чеканку.

Преимущества тиснения по сравнению с чеканкой — быстрота производства изделий, а также значительная экономия драгоценного металла (золота, серебра), так как тиснение осуществляется на материале значительно меньшей толщины по сравнению с чеканкой.

В древнерусском искусстве техника тиснения зарождается еще в домонгольский период (X—XI вв.) и применяется для производства рельефных заготовок под чернь и эмаль. Басма применяется, начиная с XIV в., и значительно развивается на протяжении XV в. Наивысшего расцвета она достигает в XVI и XVII вв.

Для тиснения басмы прежде всего изготавливается басменная доска (матрица). Она представляет собой невысокий монолитный металлический рельеф с мягкими, плавными формами без острых краев и углов и резких выступов, которые прорывают тонкий металл при тиснении. Общая высота рельефа на древних басмах не превышала 1—2 мм, но к XVII в. (особенно в конце его) она иногда достигала уже 5—6 мм (на больших басмах).

Матрица изготавливается литьем из медных сплавов с последующей тщательной чеканкой или обрточной техникой из стальной заготовки (реже), тоже прочеканенной. Толщина медных басменных матриц составляет от 6 до 10—12 мм. Стальные матрицы могут быть и тоньше. Обратная сторона матрицы плоская, ровная, плотно лежащая на верстак.

Процесс тиснения басмы заключается в следующем. На матрицу кладется тонкий лист металла, толщина которого обычно не превышает 0,2—0,3 мм, предварительно осторожно отожженного и отбеленного. Затем сверху накладывается прокладка из листового свинца. По этой свинцовой подушке наносят удары деревянным молотком или в современных условиях осуществляют необходимое давление при помощи винтовых, ручных прессов мощностью от 5 до 10—15 т. Под действием силы свинец (благодаря своей пластичности) вдавливается во все углубление матрицы, точно повторяя весь ее рельеф. Такие же деформации претерпевает и металлический лист, зажатый между матрицей и свинцовой прокладкой. После тиснения свинец удаляют и с матрицы снимают басму — тонкий рельеф, очень точно воспроизводящий все детали матрицы, включая и фактуру.

Басма несколько отличается от матрицы четкостью рисунка. На басме он получается более мягким, как бы слегка сглаженным. Эта разница обусловлена толщиной листа, примененного для тиснения. Чем толще металлический лист, тем расхождение больше. Для того чтобы уменьшить это расхождение и сделать рисунок на басме более ясным и четким, басменные матрицы чеканятся несколько резче и суше, чем этого требует по своему

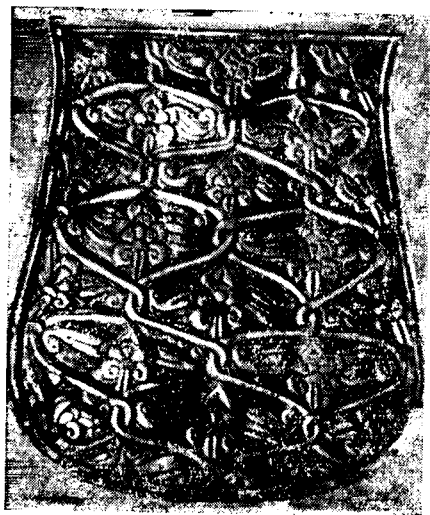


Рис. 61. Басма
[серебро, XV в.]

характеру воспроизводимый узор. Таким образом устраняется этот, казалось бы, неизбежный недостаток тиснения.

В древнерусском искусстве басмы применялись для оковки различных изделий как культовых, так и светских: иконостасы, рамы и фоны икон, переплеты книг, сундуки, ларцы и т. п. Основу изделия делали из дерева и на нее при помощи мелких гвоздей набивалась басма, сплошь закрывающая деревянную основу и превращающая изделие как бы в чеканное. Басму можно изготовить из мягких пластичных металлов — золота, серебра, меди, алюминия. На рис. 61 показана серебряная басма XV в.

Более жесткие материалы (пробное серебро, латунь) требуют промежуточных отжигов (один или два) и повторных тиснений. Иначе тонкая металлическая фольга гартуется и рвется. Повторные тиснения с отжигом необходимы также и при тиснении очень высоких рельефов и из чистых металлов. Необходимо следить, чтобы при повторном тиснении рельеф, образованный на заготовке при первом тиснении, точно совпал с рельефом матрицы. Даже при небольших несовпадениях выступающие элементы рельефа оказываются смятыми и заготовка портится. Басмы выполняли с лицевыми изображениями или орнаментальными. Особенно часто применялись басмы с повторяющимся орнаментом. Для получения такого орнамента на матрице выполнялся только один рапорт, а затем в процессе изготовления басмы после каждого тиснения заготовка передвигалась на величину рапорта и вновь оттискивалась. Такие стыки хорошо видны на готовой басме. По наличию стыков легко отличить тиснение от чеканки.

§ 30. ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА

При серийном и массовом производстве художественных изделий из металла в настоящее время широко применяется штамповка из листа. Эта штамповка имеет ряд преимуществ.

1. Она позволяет воспроизводить с большой степенью точности авторский образец крупными сериями или даже массовым тиражом.

2. Дает возможность получать тонкостенные детали с чистой поверхностью одинаковых размеров и веса, не требующие никакой последующей обработки.

3. Значительно повышает экономический эффект производства изделий благодаря исключению ручных операций и резкого повышения производительности труда. Кроме того, происходит замена высококвалифицированных мастеров (ювелиров и чеканщиков) менее квалифицированными категориями рабочих, занятых на штамповке.

Для листовой штамповки можно использовать металлы и сплавы, способные пластически деформироваться в холодном состоянии. К ним относятся: драгоценные металлы — золото и серебро; цветные — медь и ее сплавы (томпак, латуни); никелевые сплавы, алюминий и его деформируемые сплавы; черные металлы — мягкие, малоуглеродистые стали (декапир) и некоторые легированные стали.

Штамповка делится на следующие элементарные операции:

А. Разделительные операции:

- 1) отрезка;
- 2) вырезка или вырубка;
- 3) просечка или пробивка.

Б. Формоизменяющие операции:

- 1) гибка;
- 2) вытяжка;
- 3) формовка (фасонирование) или механическая чеканка.

Каждая из операций может применяться в различной комбинации с другими; причем порядок последовательности их применения изменяется в зависимости от характера производимого изделия. Например, в одних случаях сначала производят вырезку заготовки по контуру, а затем на вытяжном штампе придают ему окончательную форму. В других — наоборот, сначала производят вытяжку или формовку, а потом обрезают облой и т. п.

Все перечисленные операции выполняются при помощи специальных инструментов — штампов, которые имеют различные конструкции, в зависимости от назначения. Каждый штамп состоит из рабочих элементов — матрицы и пуансона и ряда вспомогательных частей (прижимов, направляющих, снимателей, ограничителей и т. п.).

Различают штампы простого действия, предназначенные для выполнения какой-либо одной операции (вырезки, гибки и др.), и многооперационные штампы, которые могут выполнять две или несколько операций. Многооперационные штампы в свою очередь делятся на штампы последовательного действия (или прогрессивные) и штампы совмещенного действия (или комбинированные). И те и другие имеют высокую производительность, так как за один рабочий ход пресса выполняют несколько операций.

Принципиальная разница между ними заключается в том, что в прогрессивных штампах рабочие органы (матрицы и пуансоны) расположены в горизонтальный ряд и заготовка в процессе подачи подвергается их последовательной обработке. В комбинированных штампах рабочие органы располагаются один под другим (по вертикали) и по мере опускания ползуна пресса выполняются различные операции (вырубка, вытяжка и др.).

Матрицы и пуансоны обычно изготавливаются из инструментальной стали с последующей закалкой. Остальные, вспомогательные части штампов отливаются из чугуна или стали (плиты) или делаются из конструкционных сталей (крепежные детали).

При листовой штамповке выполняются следующие операции:

Отрезка — отделение от целого листа куска материала, подлежащего дальнейшей обработке, например, разрезка листа на полосы. Отрезка производится по незамкнутому контуру, обычно по прямой и осуществляется при помощи гильотинных или параллельных ножниц, представляющих собой специализированные отрезные штампы.

Усилие пресса при резке на параллельных ножницах больше, нежели на гильотинных, так как параллельные ножницы отрезают металл одновременно по всей длине, а гильотинные на небольшом участке, в зависимости от угла скоса верхнего ножа. Этот угол, обычно равный $2-6^\circ$, предотвращает выталкивание материала из-под режущей кромки гильотинных ножниц в процессе резки.

Вырезка (или вырубка) — отделение заготовки от целого листа или полосы. Вырезка происходит по замкнутому контуру, который может быть или простым (окружность), или весьма сложной конфигурации (роzetки, буквы, цифры, изобразительные элементы и т. п.). Вырезанная часть является заготовкой изделия, а оставшаяся идет в отход.

Вырезной штамп представляет собой стальную закаленную пластину — матрицу, в которой имеется отверстие, соответствующее размерам и форме изделия, и пуансон — подвижную часть штампа, которую крепят к хвостовику пресса. Пуансон точно входит в отверстие матрицы. Для того чтобы вырезка была с чистым обрезаем, без заусенцев и других недостатков необходимо следующее:

1. Зазор между матрицей и пуансоном должен быть минимальным и не превышать (на одну сторону) 5—10% толщины материала.

2. Режущие кромки пуансона и матрицы должны быть острыми.

Просечка или пробивка — операции, по своему существу аналогичные вырезке. Назначение этой операции — получение отверстий или просветов в заготовке. В этом случае отсеченные участки заготовки идут в отход.

Гибка — изменение формы заготовки относительно ее оси. При этом может происходить изгибание одной или нескольких частей заготовки под различными углами и радиусами кривизны. При гибке наружные слои заготовки растягиваются, а внутренние — сжимаются. Чем меньше радиус изгиба, тем деформация проявляется сильнее. Поэтому чем больше радиус угла изгиба, тем процесс изгибания протекает легче и меньше опасность появления трещин и разрывов на внешних слоях заготовки.

Гибочные штампы также состоят из матрицы и пуансона. Матрица определяет угол и радиус изгиба. Рабочие органы гибочных штампов не должны иметь острых выступов, так как это может вызвать надломы и трещины в металле. Для удобства эксплуатации матрицы гибочных штампов иногда крепятся к ползуну, а пуансон — неподвижно к столу пресса.

При расчете длины заготовки на каждый изгиб делают припуск: при загибке на угол до 45° прибавляют 0,2 толщины материала; при загибке на угол от 90° до 180° , т. е. до совпадения обеих частей, прибавляют 0,5 толщины материала. При гибке проявляется упругость металла — он пружинит. Поэтому необходимо давать поправку на пружинение, которое зависит от материала, его толщины, радиуса изгиба, величины угла, числа ударов пуансона при загибе и других параметров.

Гибку производят поперек направления прокатки листа, ленты или полосы, а в случае гибки в двух направлениях оси гибки располагают под углом в 45° к направлению прокатки. Изгибаемую заготовку не следует класть заусенцем наружу — в этом случае в месте изгиба появляются трещины (неисправимый брак). Особенно это относится к гибке жестких материалов — листовой бронзы, твердой латуни, дюрала и некоторых сталей. В этих случаях заготовку кладут заусенцем внутрь (в сторону пуансона). Простые гибочные штампы изготавливаются из углеродистых сталей с цементацией рабочей поверхности, а иногда даже из стальных чугунов.

Вытяжка — наиболее сложная операция, при которой происходит превращение плоской заготовки в объемное изделие. При помощи вытяжки производят самые различные формы художественных изделий — от почти плоских декоративных блюд, неглубоких чаш, ваз, глубоких стаканов до заготовки цельнотянутых

трубок для ювелирных изделий. Вытяжной штамп по своей конструкции подобен вырезному. Разница заключается в том, что кромки пуансона и матрицы закруглены и между пуансоном и матрицей существует зазор. Если зазор сделать точно по толщине материала, то при такой простой конструкции можно штамповать неглубокие изделия из более или менее толстых заготовок.

При глубокой вытяжке из тонкого материала зазор делают несколько больше толщины материала (от 1,1 до 1,3 толщины), а штамп снабжают дополнительным прижимным устройством, которое, прижимая заготовку к матрице, препятствует образованию складок и гофр. Изделия большой глубины (а также сложной формы) штампуют за несколько переходов с промежуточным отжигом. При определении необходимого количества переходов исходят из коэффициента вытяжки, т. е. отношения диаметра заготовки к диаметру изделия, который для большинства штампуемых металлов составляет для первой операции 1,5—2, а для последующих переходов — несколько меньше.

Для получения горловин у ваз и других декоративных изделий применяют операцию, называемую обжимом (уменьшение диаметра краевой части заготовки). Эта операция осуществляется путем вталкивания полуфабриката в рабочую полость матрицы. Обжим возможен в небольших пределах, когда отношение диаметра заготовки к диаметру изделия (коэффициент обжима) не превышает 1,2—1,3. При большем отношении на горловине образуются смятины и складки.

Отбортовка — получение на плоской заготовке с отверстием (путем его раздачи) невысокого борта — горловины. Отбортовка (без трещин и разрывов) возможна в небольших пределах в соответствии с коэффициентом отбортовки, который выражает отношение диаметра изделия к диаметру отверстия и составляет для большинства металлов величину 1,4—1,6.

При отбортовке существенным является радиус закругления пуансона. Он должен быть в 5—10 раз больше толщины заготовки. Лучшие результаты достигаются пуансоном сферической формы (применяют также конические пуансоны). В связи с тем, что при вытяжных операциях на рабочих поверхностях значительно возрастает коэффициент трения, применяют смазку. При обычной штамповке используют мыльные эмульсии, при глубоких вытяжках — минеральные масла без наполнителя (чистые) или с применением порошкообразного графита, талька и др.

Формовка (фасонирование), или механическая чеканка — операция, при помощи которой изделию придается соответствующая законченная художественная форма. При этом на поверхности изделия может воспроизводиться рельеф или рисунок. Главную роль в чеканочном (граверном) штампе, при помощи которого производится формовка, играет матрица, обус-

Рис. 62. Отштампованная орнаментальная полоска (слева) и матрица (справа)



ловливающая процессы, происходящие за счет местных деформаций (растяжения) металла.

Изготовление матриц сопряжено с большими затратами ручного труда. Их изготовление поручают обычно высококвалифицированным мастерам — граверам по штампам. Такая матрица представляет собой контр-рельеф будущего изделия (его негативную форму). Она выполняется с высокой точностью и тщательностью. От качества матрицы, ее художественных достоинств целиком зависит качество штампованных изделий. Поэтому при изготовлении матрицы особенно нужно следить за ее полным соответствием авторскому оригиналу (процесс производства граверных матриц описан в разделе «Гравирование»).

Штамповкой осуществляется тиражирование чеканных изделий, имитация литья, оброна, а также изготовление металлической основы под эмаль и чернь и др. На рис. 62 справа изображена стальная перекладная матрица, слева — отштампованная орнаментальная полоска из латуни, имитирующая чеканку из листа. При изготовлении чеканочных матриц, имитирующих ту или иную технику (чернь, эмаль и т. п.), необходимо учитывать их специфику, но также и особенности и возможности штамповки.

1) граверная матрица не должна иметь поднутрений (замков), весь рельеф вырезается «на выход»;

2) углубления и подъемы рельефа выполняют с таким расчетом, чтобы материал не прорывался в процессе штамповки;

3) между матрицей и пуансоном необходимо оставлять соответствующий зазор, особенно между вертикальными стенками,

чтобы при штамповке не происходило заклинивания (зажима) материала и его среза (разрыва);

4) фон рельефа на пуансоне следует снимать глубже (сильнее) по сравнению с матрицей для того, чтобы главный удар при штамповке был направлен на рельеф, иначе даже при достаточной мощности пресса рельеф окажется недоштампованным (слепым).

В современной практике применяются специальные конструкции штампов, в которых стальные пуансоны отсутствуют и давление на металл осуществляется при помощи резины, жидкостей, сжатого воздуха. Например, при производстве небольших по глубине изделий применяются штампы, в которых пуансоны заменяет резиновая подушка.

При помощи резины можно осуществлять все операции: вырезку, просечку, вытяжку, гибку и формовку. При малых сериях это экономически целесообразно. Соответствующая матрица крепится к столу пресса, не имеющего жесткого хода (фрикционного, гидравлического), а резиновая подушка, помещенная в специальную стальную обойму, укрепляется к ходовой части пресса. Удельное давление резины вполне достаточно, чтобы обеспечивать штамповку листовых заготовок толщиной в пределах до 1,5 мм.

В других случаях резиновые пуансоны цилиндрической формы применяются при вытяжке изделий сложной формы, например, при необходимости увеличения диаметральных размеров средней части цилиндрического полуфабриката (раздаче тела вазы, кувшина и т. п.). Подобную же операцию можно осуществить нагнетанием жидкости в резиновый мешок, заменяющий пуансон, и т. п.

Для производства художественных штамповочных работ применяются пресса различных конструкций и мощностей. Пресса отличаются от механических молотов тем, что в молоте давление осуществляется коротким ударом, а в прессе плавным, постепенно нарастающим, давлением — жимом. Несмотря на то что при использовании пресса по сравнению с молотом происходит как бы проигрыш в силе (удар молота, равный 1 т, примерно соответствует жиму пресса, равному 100 т), пресса имеют несомненные преимущества. Они значительно экономичнее и прогрессивнее, так как благодаря отсутствию резких ударов увеличивается срок их службы (долговечность конструкций) и уменьшается шум и вредные вибрации.

Прессы подразделяются на следующие типы:

- 1) винтовые — ручные и фрикционные;
- 2) кривошипные и эксцентриковые;
- 3) гидравлические.

Винтовые прессы различаются по конструкции и мощности.

На предприятиях художественной промышленности, выпускающих мелкие изделия, очень часто применяются ручные вин-

товые прессы. Они очень просты по конструкции, не требуют сложного ухода и ремонта и достаточно производительны.

Фрикционный винтовой пресс работает по тому же принципу, но он приводится в действие электромотором посредством вращающихся дисков. Они поочередно прижимаются к рабочему шкиву прессы и благодаря трению (фрикциона — отсюда и название) приводят шкив во вращение то в одну, то в другую сторону. Вал, жестко соединенный со шкивом, соответственно ввертывается во втулку и вывертывается из нее, перемещая ползун вверх и вниз. Устремляясь вниз, ползун осуществляет жим мощностью от 50 до 150 т.

Широкое применение получили кривошипные и эксцентриковые прессы. В этих конструкциях ползун приводится в движение или кривошипом, или эксцентриком. Эти прессы наиболее прогрессивны — они быстроходны и отличаются высокой производительностью, особенно на вырезных и просечных операциях. Кроме обычной конструкции кривошипных и эксцентриковых прессов с одним ползуном (простого действия), существуют модели двойного действия с двумя ползунами — внутренним и наружным. Эти прессы применяются для глубокой вытяжки. К наружному ползуну посредством специальных рычагов прикрепляется прижимное устройство штампа, а внутренний ползун приводит в движение пуансон. Наружный ползун опускается раньше и зажимает заготовку, после чего внутренний ползун опускает пуансон и производит вытяжку.

Гидравлические прессы работают на основе законов гидравлики. Вода под высоким давлением нагнетается в рабочий цилиндр и давит на плунжер, соединенный с бойком. Давление может достигать огромной силы.

§ 31. ДАВИЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Этим способом можно производить изделия, являющиеся телами вращения (цилиндры, конусы, сферические тела).

При производстве художественных изделий из металла давяльные работы применяются в тех случаях, когда изделия изготавливаются небольшими сериями и штамповка из экономических соображений становится невыгодной (стоимость штампа не окупается). Качество выдавленных изделий не уступает штампованным.

Давильный станок незаменим при выполнении в металле первого образца с авторского рисунка или чертежа, а также при производстве уникальных художественных изделий. Обычно этим способом создается только общая большая форма изделия, которая различными приемами дифовки и чеканки доводится затем до соответствия с авторским рисунком. В других случаях выдав-

ленные детали обрабатываются путем гравировки или служат основой для набора фоновой или ажурной скани (в последнем случае детали выдавливаются из листовой стали).

Принцип получения полых деталей на давилном станке заключается в том, что плоская заготовка из листового материала, предварительно вырезанная в форме круга, зажимается между патроном и прижимом. После этого вся система приводится во вращение с определенной скоростью. Затем при помощи специального инструмента — давилника металл прижимается к патрону. Заготовка, проскальзывая под давилником (благодаря смазке), испытывает местную деформацию (пластический изгиб), которая благодаря вращению распространяется по винтовой линии, и плоская заготовка постепенно прижимается к патрону, принимая его очертания.

Впервые техника давилных работ была применена в XVIII в. в связи с изобретением токарного, а затем и давилного станка. Однако мастера хранили в секрете это изобретение, так как приемы и способы давления на станке во много раз облегчали и ускоряли производство изделий, которые раньше выполнялись ручным способом (дифовкой) и требовали затраты кропотливого труда, например, изготовления различных сосудов — чаш, кубков и т. п.

Давильные работы в заводском масштабе были воспроизведены в конце XIX в., т. е. спустя почти 150 лет после их открытия.

Давильный станок по сравнению с современным токарным станком устроен значительно проще. Он состоит из чугунной станины, на которой укреплены передняя и задняя бабки. Станина в средней части имеет выем, позволяющий давить изделия большого диаметра. Между бабками укреплен подручник, состоящий из опорной гребенки с отверстиями, в которые вставляется опорный стержень «зуб». Зуб служит опорной точкой давилника, которым работают, как рычагом.

Для работы подбирают наиболее удобное положение зуба, вставляя его в то или иное отверстие гребенки в зависимости от величины и формы изделия. При выдавливании большого числа одинаковых изделий применяют суппорт, который устанавливается на место подручника. Передняя бабка служит для укрепления и приведения во вращение модельного патрона, а на задней бабке крепится прижим, который вставляется в упор посредством подшипника и вращается вместе с заготовкой. Модельные патроны служат моделью (формой) для выдавливаемых изделий. Их предварительно изготавливают на этом же станке исходя из авторского чертежа.

Для опытных образцов и малых серий модельные патроны вытачиваются из дерева — преимущественно из березы, а также из бука, клена, граба. Древесина хвойных пород (ели, сосны) для

этого малопригодна, так как она неоднородна по плотности. В патронах из твердой породы нарезается резьба и они навинчиваются на шпиндель и стопорятся. Патроны из мягкой древесины укрепляются на планшайбе. Деревянные патроны имеют следующие недостатки: они легко коробятся и трескаются, значительно изменяются в размерах от усушки, разрываются при больших оборотах станка, сминаются под нажимом давилы.

Для упрочнения деревянных патронов применяют следующее: патроны изготавливают в переклейку из отдельных досок толщиной в 20—30 мм; торцы патронов пропитывают парафином или маслом. Переходы и острые углы, наиболее быстро изнашивающиеся, укрепляют путем обтяжки стальными обручами. Для больших серий, а также для получения деталей с точно выдержанными размерами применяют металлические патроны — стальные или алюминиевые.

Радиусы закругления на деревянных патронах делаются не меньше 5—6 мм, так как меньший радиус быстро деформируется. На металлических патронах радиусы могут быть минимальными (1—1,5 мм). При необходимости иметь четкие прямые (и острые) углы пользуются последующей проточкой изделия. Для облегчения снятия готового изделия с патрона на его цилиндрических частях делают уклоны: для деревянных патронов 10 мм на 300 мм длины, а для металлических патронов 1 мм на 300 мм. Если при изготовлении художественных изделий уклон оказывается нежелательным (из эстетических соображений), то съем цилиндрических деталей осуществляется путем подогрева.

Подогрев производят обжимом изделия деревянным бруском на ходу станка. Благодаря трению металл нагревается, расширяется и легко снимается с патрона. Если диаметральные размеры краевой части меньше, чем в средней части заготовки, т. е. если изделие имеет шейку или расширения и сужения, применяют разъемные патроны, состоящие из сегментов. Крупные металлические патроны для облегчения делают полыми. При выдавливании изделий сложной формы применяют несколько патронов — переходящих, причем последний из них точно соответствует форме изделия.

При изготовлении авторских образцов или уникальных изделий сложной формы деревянный патрон оставляют внутри (если это допускают условия) или выжигают его после окончания выдавливания. Иногда изделия сложной формы с большим числом шеек и переходов дают на весу (без патрона). Однако такая работа требует от мастера большого навыка и искусства. Некоторые формы дают изнутри. Для этого предварительно вытачиваются специальные патроны с углублением.

Давильные инструменты делятся на четыре группы:

- 1) давилы для формовки изделий;
- 2) резцы для обрезки края и проточки;

- 3) ролики для закатки краев;
- 4) накатки для нанесения рисунков.

Давильники бывают двух типов:

- а) стержневые — работающие по принципу скольжения;
- б) роликовые — работающие по принципу качения.

Стержневой давилник представляет собой толстый стальной стержень, вделанный в деревянную рукоятку. Общая длина (с рукояткой) 600—800 мм. Давильник держат обеими руками, пропустив его под правую руку, при работе нажимают на него всем телом. Работа давилником требует от мастера большой физической силы, точных, быстрых и уверенных движений.

Рабочий конец давилника закруглен и отполирован до зеркального блеска. Закругление рабочего конца в зависимости от обрабатываемой формы выбирается различное — то с большим, то с меньшим радиусом (почти плоское). Формы рабочего конца давилника различаются также по толщине и ширине.

Для давки изделий из меди, латуни и алюминия применяют давилники из инструментальной стали, причем рабочий конец закаливается и отполировывается. Для обработки серебра, золота и их сплавов применяют стальные незакаленные давилники.

Для давки из стального листа и никелевых сплавов применяют иногда бронзовые давилники, так как от стальных давилников остаются риски. Иногда применяют деревянные давилники.

Роликовый давилник представляет собой небольшой ролик до 70 мм в диаметре, посаженный на прочную ось и укрепленный на длинном толстом стальном стержне, вделанном в деревянную рукоятку. Для удобства работы ролик ориентирован под некоторым углом к оси давилника. Роликовый давилник держат так же как и стержневой, но управлять им труднее, так как ролик должен катиться по поверхности детали. Зато давление, которое прилагается на давилник, в этом случае меньше, так как трение качения меньше трения скольжения.

Роликовые давилники различаются по форме ролика — его величине, толщине (ширине) и степени закругления. Они пригодны для обработки любых материалов, в том числе и стали. Роликовые давилники не оставляют рисок. Разновидностью роликового давилника являются фасонные колесики. Рабочая поверхность таких колесиков представляет собой различные профили (подобно профилям фасонных резцов). Фасонные колесики дают возможность производить фасонное выдавливание.

Резцы изготовляются из толстых стержней конструкционной стали, а на рабочий конец напаяется (твердым припоем) пластинка из инструментальной стали или металлокерамического сплава (победита), так как при работе резцы сильно нагреваются. Общая длина резца с рукояткой такая же, как и давилника. Резец держат так же, как и давилник, пропустив его под правую руку и опираясь о зуб подручника.

Главное назначение резцов — обрезка (цековка) края заготовки в процессе выдавливания. В процессе выдавливания плоская заготовка превращается в объемную деталь. При этом постоянно обнаруживается тенденция к складкообразованию. Эта тенденция тем больше, чем разче склоняется фланец заготовки и чем меньше пластичность материала. С целью предупреждения складкообразования (гофрения) излишний край заготовки срезаётся.

Цековка особенно необходима при выдавливании из латуни, так как латунная заготовка очень легко трескается с краев, и незамеченная (на ходу станка ее не видно) трещина, быстро увеличиваясь, делает заготовку непригодной. Поэтому латунная заготовка периодически цекуется резцом. Резцы применяются и для отрезки излишков металла, разрезки деталей на части (например, при производстве колец), а также для проточки поверхности изделия при отделке и выведения острых (прямых) углов. Протачивать можно изделия, выдавленные из толстого материала. Тонкий металл легко прорезать.

Ролики для закатки краев по форме напоминают роликовые давяльники, но на их рабочей поверхности проточена канавка полукруглой формы. Ролики отличаются между собой по ширине и глубине канавки. При работе обычно пользуются целым набором закатных роликов и их применяют в зависимости от радиуса (толщины) валика, который желательно образовать на краю изделия.

При изготовлении крупных изделий при закатке иногда для упрочнения валика (края) вкладывают проволоку.

Накатки (или гуртильные колесики). На ободке каждого из них выгравирован выпуклый или вогнутый рисунок. В соответствии с рисунком различают накатки: полосатые, крапчатые и рисунчатые. Накатки изготавливаются из инструментальной стали с последующей закалкой. Они служат для накатывания рисунка на выдавленное изделие (их также применяют для накатки по литью). Рисунок может быть нанесен в виде узкого пояска или широкой ленты. Иногда применяют сплошную накатку, сообщаящую всей поверхности изделия ту или иную рисунчатую фактуру.

Накатку применяют и для нанесения рисунка на плоский листовой металл. Для этого лист свертывается в широкую трубу, запаивается и плотно надевается на специально выточенный патрон, на котором он и подвергается накатке. После этого трубу снимают с патрона, разрезают по шву и правят деревянным молотком.

Процесс накатки поясков и лент можно производить, держа накатку в руках и опирая ее на подручник. Сплошные накатки производят, зажав накатку в суппорт. Более удобно сплошные накатки производить на токарном станке с самохода, на котором

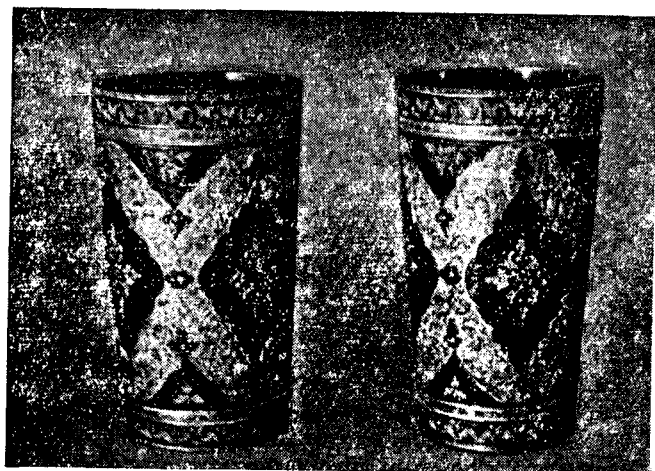


Рис. 63. Серебряные стаканчики с чернью
(Дагестан, Кубачи—современная работа)

накатка происходит по винтовой линии и образует непрерывный рисунок.

Оптимальное число оборотов давяльного станка (скорость) для различных материалов не одинакова (табл. 19).

Таблица 19

Металл	Число оборотов
Сталь и никель	600
Магнелиевые сплавы	800
Дюраль	900
Латунь	1100
Медь	1200
Алюминий	1600

При выдавливании металлы нагартовываются и требуют отжига. Исключение составляет алюминий. Это объясняется тем, что температура отжига (рекристаллизации) алюминия невысока ($150\text{--}200^\circ$) и, нагреваясь в процессе давления, он рекристаллизуется.

Отжиг заготовок следует производить осторожно и равномерно, так как в процессе выдавливания происходит неравномерная деформация, вызывающая значительные внутренние напряжения. При неосторожном отжиге могут появиться сильные деформации и трещины. Иногда перед отжигом для ослабления внутренних напряжений применяют простукивание деревянным

молотком на стальном шперাকে (или стальным молотком на деревянной подкладке). Ослабление применяют для латунных, томпаковых и нейзильберных заготовок.

Чтобы уменьшить трение между заготовкой и давилником и избежать появления рисок на поверхности изделий, применяют смазки: для стали и никелевых сплавов — мыльные эмульсии; для алюминия также мыльную эмульсию или керосин; для меди и латуни — минеральные масла.

Примером современных художественных изделий, форма которых выполнена на давилном станке, могут служить: серебряные стаканчики с чернью (Дагестан) (рис. 63).

§ 32. РЕЗАНИЕ

Под обработкой резанием понимается хслодная обработка металлов при помощи ручных инструментов (слесарные работы) или на специальных металлорежущих станках. Цель этой обработки — придать изделию окончательную форму и размеры, а также обеспечить чистую гладкую поверхность. Обычно резанием обрабатываются заготовки, выполненные прокатом или литьем. В области производства художественных изделий обработка резанием применяется весьма широко, особенно при изготовлении изделий интерьерного характера и реже — при производстве изделий для экстерьера.

Резанию могут подвергаться почти все металлы и их сплавы. Процессы резания можно разделить на следующие виды:

Разрезание — процесс резания, когда при помощи зубила или другого клинообразного инструмента происходит разделение металла на две части. Для этой цели служат также ножницы, состоящие из двух режущих лезвий. При этом в отличие от зубила, при котором происходит раздвигание частиц металла в плоскости резания ножниц, возникает напряжение среза.

Резание снятием стружки — процесс, когда при помощи резца, штихеля, фрезы или иного инструмента с заготовки снимаются стружки, т. е. удаляются незначительные части металла для придания заготовке необходимой формы, размеров или чистоты поверхности.

Оба вида резания могут производиться как ручным, так и машинным способом. Например, листовую сталь толщиной до 0,7 мм или цветной металл до 1,5 мм можно резать ручными ножницами.

Для резания металла, превышающего эту толщину и требующего больших усилий, применяются рычажные ножницы с ручным приводом или различные механические ножницы: гильотинные, роликовые или вибрационные, обладающие высокой производительностью и позволяющие резать как по прямой, так и по кривой. Работа зубилом или крейцмейселем также может про-

изводиться вручную и механическим способом — при помощи пневматических молотков.

Резание снятием стружки делится на ручное и станочное. К ручным операциям относятся шабрение, опилование напильниками (драчевыми, личными, бархатными), а также надфилями (при ювелирных работах), рифлевками и пр. К ручному резанию относится распиловка металлических заготовок ручными ножовками.

Широкое распространение получила механизация этих работ. Например, обыкновенные ручные напильники заменяются вращающимися шарошками, приводимыми в действие специальными дрелями или бормашинами с гибким валом. Они особенно удобны при опиловании труднодоступных мест.

Станочное резание. Этот вид резания производится на специальных металлорежущих станках, которые различаются в зависимости от назначения и конструкции. При обработке деталей на станках с них снимается стружка, поэтому заготовки, поступающие в обработку, имеют припуск, т. е. увеличенные размеры против номинальных. В процессе резания припуск снимается и превращается в стружку, после чего деталь точно соответствует заданным размерам.

При составлении рабочих чертежей на каждую деталь указываются допуски, т. е. отклонение от номинального размера, которое допустимо при изготовлении детали. Величина допуска характеризует точность обработки. Чем больше точность, тем меньше допуски.

В процессе резания рабочие органы станков производят два различных движения:

Главное, или рабочее, движение благодаря которому происходит резание. Оно бывает вращательным (в токарных, сверлильных, фрезерных станках) или поступательным, прямолинейным (в строгальных, протяжных станках).

Движение подачи, которое подводит новый слой металла под режущий инструмент. Оно может быть непрерывным (в токарных, фрезерных станках) или периодическим (в строгальных станках).

Подачей называется перемещение режущего инструмента за один рабочий период, т. е. за один оборот изделия или резца, или ход резца.

Скорость резания — это путь, проходимый резцом за единицу времени.

Металлорежущие станки делятся на следующие виды:

- 1) токарные;
- 2) сверлильные;
- 3) фрезерные;
- 4) строгальные;
- 5) шлифовальные.

На токарных станках выполняют следующие работы: обтачивание наружных цилиндрических, конических, сферических и фасонных поверхностей тел вращения;

расточивание внутренних поверхностей такой же формы;

нарезание наружной и внутренней резьбы;

обтачивание торцовых поверхностей любой формы.

На рис. 64 показан переходящий приз журнала «Моделист-конструктор». Основная деталь приза выточена из стали на токарном станке и отполирована. Детали бронзового подсвечника (рис. 65) — тоже точеные.

Основным режущим инструментом при работе на токарном станке является резец. Он состоит из рабочей части с режущими кромками, называемой головкой резца, и стержня, или тела, служащего для закрепления резца на станке. Резцы изготавливаются из инструментальных углеродистых сталей марок У-10 и У-12 или из быстрорежущих сталей. Кроме того, применяются твердые металлокерамические сплавы, например «победит», пластинка из которого напаивается медным припоем на тело резца. Металлокерамические пластинки для резцов изготавливаются из сплавов карбида вольфрама и карбида кобальта (марка ВК) для резки чугуна, или карбида титана и кобальта (марка ТК) — для резки сталей. Особенно высокой стойкостью отличаются «керамические» резцы, которые представляют собой окись алюминия. В зависимости от вида токарной обработки применяются различные типы резцов:

проходные для обтачивания наружных поверхностей; они различаются на обдирочные и чистовые;

подрезные — для обработки торцовых поверхностей заготовки;

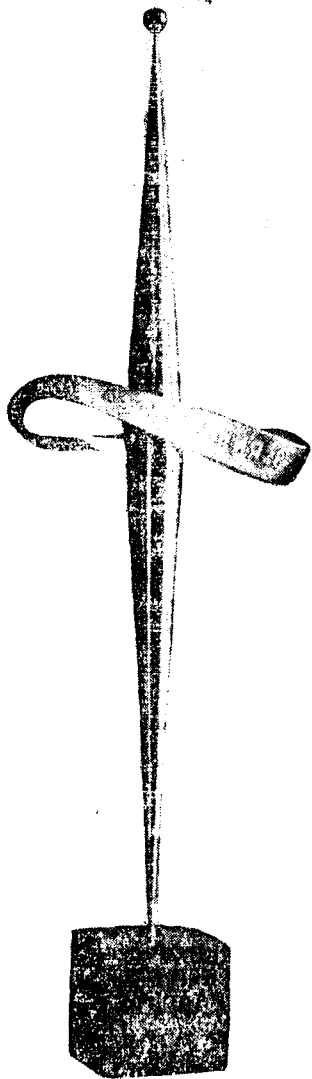


Рис. 64. Переходящий приз
журнала ЦК ВЛКСМ «Моделист-конструктор»
[современная работа]



Рис. 65. Бронзовый
подсвечник

отрезные — для отрезки изделия;
расточные — для обработки внутренних поверхностей и растачивания отверстий;

фасонные — для обработки сложных, профильных поверхностей.

В процессе работы происходит затупление резца. Это возникает от двух причин — или от механического износа режущих кромок, или вследствие смятия размягченной режущей кромки от нагрева. Последнее явление объясняется тем, что при резании значительная часть энергии переходит в теплоту. Чем больше усилие и скорость резания, тем выше температура нагрева резца.

Предельно допустимые температуры нагрева для резцов, изготовленных из различных материалов, следующие:

для резцов из углеродистой стали — $200\text{--}250^\circ\text{C}$;

для резцов из быстрорежущей стали — $500\text{--}600^\circ\text{C}$;

для резцов из победита — $800\text{--}1000^\circ\text{C}$.

При работе выше этих температур режущая кромка резцов разрушается.

При затуплении резца он вновь затачивается. В зависимости от твердости материала, который обрабатывается, угол заточки (заострения) резца делается различным. Чем мягче металл, тем

угол заострения делается меньше (острее). Продолжительность работы резца между переточками называется стойкостью, которая измеряется в минутах. Для охлаждения деталей в процессе резания применяются различные охлаждающие жидкости.

Имеются следующие разновидности токарных станков:

Токарно-револьверный станок. Он снабжен шестигранной головкой, в которой можно укрепить несколько резцов; применяется при крупно-серийном и массовом производстве изделий.

Токарный автомат. Это станок, представляющий собой дальнейшее усовершенствование револьверного станка. Все операции на нем выполняются автоматически; применяется в массовом производстве.

Лобовой станок. Этот станок не имеет задней бабки. Он служит для обработки изделий большого диаметра, но небольшой ширины.

Карусельный станок. Назначение этого станка то же, что и лобового, но у него ось вращения не горизонтальная, а вертикальная; производительность больше, чем у лобового.

Токарные станки специального назначения. Служат для выполнения одной-двух операций. Конструкция их упрощена; применяются в поточных линиях массового производства.

Сверлильные станки служат для обработки отверстий в деталях. Различают следующие операции, выполняемые на сверлильных станках:

Сверление — получение отверстий в сплошном металле.

Рассверливание или развертывание — увеличение уже имеющегося отверстия, получение чистой поверхности и точного диаметра предварительно просверленного отверстия.

Зенкование — обработка выходной части отверстия.

В качестве режущего инструмента при работе на сверлильных станках применяются следующие инструменты: сверла — для сверления отверстий; зенкеры — для уточнения размера отверстий, имеющих в литье или просверленных сверлом; развертки — для получения чистой поверхности готовых отверстий, а также для увеличения их диаметра; так же, как и зенкеры, они бывают цилиндрические и конические; зенковки — для зачистки выходной части отверстия от заусенцев, а также снятия фасок. Конической зенковкой делают углубление под потайную головку болта.

Фрезерные станки служат для обработки самых различных деталей. Они позволяют обрабатывать горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, всевозможные пазы, канавки и выступы, сложные и фасонные поверхности и т. п. Существует значительное разнообразие типов фрезерных станков (универсальный, горизонтальный, вертикальный и др.), отличающихся

расположением осей шпинделя, их количеством, передвижением стола и т. п.

Режущим инструментом фрезерных станков являются фрезы, которые состоят из корпуса (тела) и режущих зубьев, расположенных по окружности на равном расстоянии. Каждый зуб представляет собой резец. Скорость резания при фрезеровании значительно выше, чем на токарном станке. Это объясняется тем, что зубья фрезы работают попеременно, вследствие чего меньше нагреваются и легче остывают. При больших скоростях резания, так же как и на других станках, применяются охлаждающие эмульсии. Различают следующие типы фрез: цилиндрические — для обработки плоскостей; дисковые — для обработки канавок пазов и т. п.; фасонные — для обработки фасонных поверхностей.

Существуют также торцовые, прорезные, кольцевые, гребенчатые и другие фрезы, которыми обрабатываются различные детали. Узко специализированные фрезы служат для нарезания резьбы, обработки зубьев шестерен и т. п. Для закрепления обрабатываемых заготовок на столе станка применяются различные приспособления: тиски, прижимные планки, угольники, призмы и др.

Фрезерование является одним из наиболее прогрессивных видов обработки металлов резанием и в последнее время часто применяется вместо менее экономичных способов (строгания, долбления и др.).

Строгальные станки применяются для обработки преимущественно плоских поверхностей. Кроме того, на них возможна обработка уступов, пазов, канавок и т. п. Существуют различные по конструкции строгальные станки (продольно-строгальные, поперечно-строгальные), однако на всех строгальных станках снятие стружки происходит только при движении стола или ползуна в одну сторону, обратный ход является холостым.

Режущим инструментом при строгании служит резец. Строгальный резец при работе испытывает толчки, причем интенсивность удара растет пропорционально квадрату скорости резания, поэтому скорости строгальных станков небольшие, а тело резцов делается в 1,5 раза толще по сравнению с токарным резцом для снятия стружки такого же сечения.

Кроме того, чтобы резцы не ломались и не задирали изделия при холостом ходе, они делаются изогнутыми. По своему назначению резцы делятся на обдирочные (черновые) и чистовые, а также на проходные — для обработки плоских поверхностей и фасонные, — режущая кромка которых соответствует профилю обрабатываемой поверхности.

Разновидностью строгальных станков является долбежный станок. Он отличается тем, что его станина имеет вертикальные направляющие, по которым ходит ползун вверх и вниз. Дви-

жение вниз — рабочее движение, а вверх — холостое. В настоящее время этот тип станков встречается редко.

Шлифовальные станки — станки, обработка на которых позволяет получать высокую точность, а также исключительную чистоту поверхности. Кроме того, на шлифовальных станках можно обрабатывать закаленную сталь, так как режущим инструментом служат абразивные круги, обладающие высокой твердостью.

Существует много типов шлифовальных станков для обработки наружных и внутренних поверхностей изделия, например, круглошлифовальные станки для наружной обработки цилиндрических и конических поверхностей; внутришлифовальные — для обработки таких же внутренних поверхностей; универсально-шлифовальные станки позволяют обрабатывать и наружные, и внутренние круглые поверхности.

Плоскости обрабатываются на плоско-шлифовальных станках. Причем в одних случаях это производят торцевой частью круга (станки с вертикальным положением шпинделя), в других — боковой, цилиндрической частью круга (горизонтальное положение шпинделя). На этих станках изделие очень слабо нагревается, и они применяются для шлифования ответственных, точных деталей. Существуют и другие типы шлифовальных станков.

Шлифовальные круги состоят из мелких твердых абразивных зерен, соединенных между собой связующими веществами (связками).

Абразивные зерна выполняют работу резцов — они соскабливают с обрабатываемых изделий мельчайшие стружки. Размеры абразивных зерен могут быть различны — от 1,7 мм при черновой обдирке до 0,001 мм при чистовом шлифовании и точной доводке.

Абразивными материалами для изготовления шлифовальных кругов служат электрокорунд, карборунд, карбид бора и др. В качестве связок применяются керамические, бакелитовые и вулканические. Последняя отличается особенно высокими качествами (эластичностью, плотностью) и применяется при изготовлении кругов, предназначенных для чистовых операций. Отделочное шлифование рассмотрено ниже (§ 44).

Электрические методы обработки металлов. Эти методы являются новыми и непосредственно для художественной обработки металлов не применяются. При их помощи осуществляется производство некоторых вспомогательных приспособлений и инструментов (штампов, режущего инструмента, фильеров и т. п.) из высокопрочных, твердых и хрупких материалов и сплавов.

Электроискровой метод — применяется для прошивки отверстий (фильер), изготовления углублений (матриц, пресс-

форм), заточки инструмента и других операций. Он основан на эрозии (разрушении) металлов и других материалов под действием искровых разрядов, сосредоточенных на узком участке. При этом на площади в 1 мм^2 возникает плотность электрического тока до 10 тыс. ампер при температуре до $10\,000^\circ$. При этом происходит локальное плавление металла и его частицы в виде шариков оседают на дно ванны (процесс ведется в керосиновой или масляной ванне).

Электроимпульсный метод — применяется для изготовления матриц и режущего инструмента (резцов, фрез); он основан на том же принципе, что и электроискровой метод, но расстояние между электродами делается больше (до $0,1\text{—}0,12 \text{ мм}$); при этом возникает температура $4000\text{—}5000^\circ$.

Анодно-механический метод — основан на совместном электрохимическом и электротермическом действии тока. Процесс резания осуществляется тонким металлическим диском, подключенным к катоду (изделие подключается к аноду), в ванне с электролитом из раствора жидкого стекла. Диск изготовляют из меди или стали толщиной $1\text{—}2 \text{ мм}$. Скорость вращения $10\text{—}20 \text{ м/сек}$. Этот метод применяется в основном для резания и шлифования твердых сплавов.

Ультразвуковой метод — применяется для получения отверстий в высокотвердых, а также хрупких материалах (алмазе, корунде, стекле). Сущность метода — обработка поверхности вибрирующим инструментом, под торцовую поверхность которого непрерывно поступает эмульсия из мельчайшего абразива (алмазная пыль или корунд бора) в масле. Амплитуда колебания инструмента $0,02\text{—}0,06 \text{ мм}$ с частотой до 25 тыс. гц.

§ 33. ГРАВИРОВАНИЕ

Гравирование — один из древнейших способов художественной обработки металлов и некоторых неметаллических материалов (кости, дерева, камня и др.). Его сущность — нанесение линейного рисунка или рельефа на материал при помощи резца. За многие тысячелетия своего существования гравировка проникла в самые различные области производства — как художественные (ювелирные украшения, гравюры), так и чисто технические, например, производство точных измерительных инструментов и приборов (нанесение делений, градуировка и оцифровка микрометрических и нониусных шкал и т. п.).

В технологии художественного граверного мастерства можно различать:

Плоскостное гравирование (двухмерное), при котором обрабатывается только поверхность.

Обронное гравирование (трехмерное), при котором резцом

создается рельеф или даже объемная (круглая) скульптура из металла. Кроме того, в обронном гравировании выделяются два варианта: выпуклое (позитивное) гравирование, — когда рисунок, рельеф выше фона (фон углублен, снят); углубленное (негативное) гравирование, — когда рисунок или рельеф режется «внутро».

В современных условиях художественное гравирование применяется с различными целями. В одних случаях непосредственно обрабатывается поверхность изделия и из-под резца выходит художественное произведение (декоративные предметы, ювелирные изделия и т. п.). В других случаях изготавливаются инструменты или приспособления, которыми потом производятся художественные изделия серийным или массовым тиражом. К ним относится производство гравюр, эстампов, офортов, клише для печати (ксилография), гравирование ситценабивных валов, багетных роликов, конгревных досок, клейм для тиснения, пуансонов и матриц для штамповки, прессформ для литья и т. п.

Следует отличать ручное гравирование (ручными инструментами) от механического, которое осуществляется посредством различных приспособлений и гравировальных машин. Эти машины в свою очередь делятся на два типа: в одном движение резца осуществляется вручную, в другом — резец передвигается при помощи специального шаблона, автоматически.

Плоскостное гравирование

Этот прием широко распространен в художественной обработке металлов. Его назначение — декорирование поверхности изделия путем нанесения контурного рисунка или узора (рис. 66), или сложных портретных, многофигурных или ландшафтных тоновых композиций, а также исполнение различных надписей и шрифтовых работ. Гравированием украшают как плоские, так и объемные изделия (рис. 67).

Возможности плоскостного гравирования очень широки — это рисунки, графические работы, выполненные резцом на металле, еще более тонкие и совершенные, чем рисунки, сделанные карандашом или даже пером.

К плоскостной гравировке (называемой также «гравировкой по гляncy» или «гравировкой для вида») относится и гравировка под чернь, которая в технологическом отношении отличается от обычной только тем, что она выполняется несколько глубже, а затем выбранный внутрь рисунок заполняется чернью (§ 35) (рис. 68).

Технология плоскостного гравирования. Весь процесс плоскостного гравирования включает следующие операции:

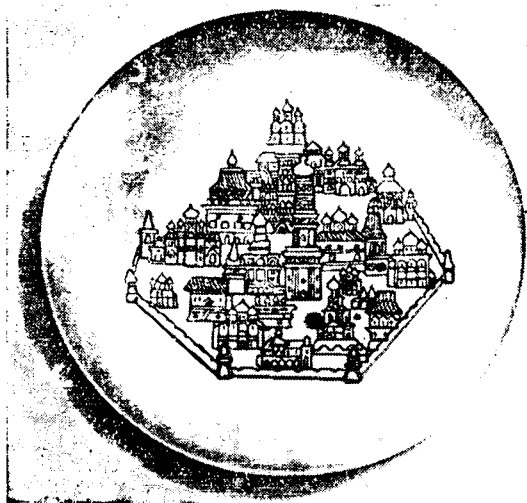


Рис. 66. Декоративное блюдо
[современная работа]



Рис. 67. Стаканчик с изображением голубя

Подготовка рисунка. Рисунок для перевода на металл выполняют на бумаге в натуральную величину в линейной манере. Все тональные и теневые переходы даются штрихом или точками (пунктиром).

Подготовка металла. Поверхность металлической пластины (или изделия), на которой надо выполнять гравировку, должна быть соответствующим образом подготовлена. Основная задача подготовки — сделать поверхность чистой, ровной и гладкой. Все случайные риски и царапины тщательно удаляют путем шлифовки. Затем поверхность обрабатывают мелкой шкуркой и пемзой.

Поверхность должна быть матовой (шлифованной), а не блестящей (полированной), так как излишний блеск слепит глаза и затрудняет работу. При необходимости иметь гравированный рисунок на полированном поле, полировку фона осуществляют после гравировки рисунка.

Перенос рисунка на металл. Для переноса рисунка на металл поверхность пластины или изделия покрывают тонким сло-



Рис. 68. Чернь по серебру

ем белой акварельной краски (или жидко разведенной белой гуашью). Краске дают высохнуть и на нее переносят рисунок или от руки тонко отточенным карандашом, или через копировальную бумагу, обводя линии рисунка также тонко отточенным твердым карандашом. Полученный рисунок покрывают спиртовым лаком или нитролаком, чтобы он не стирался при работе.

Приспособления для гравирования. Для удобства гравирования листовая заготовка, а также мелкие ювелирные изделия и медали предварительно прикрепляются к доске, по размерам превосходящей металлическую заготовку или изделие. Небольшие заготовки прикрепляются к доске на разогретый сургуч или канифоль. Большие пластины прибивают мелкими гвоздями к доске, по ее краю. Объемные предметы зажимают в специальные приспособления: шрабкugel или колодки.

Шрабкugel представляет собой сплошной чугунный шар, диаметром около 130 мм и весом до 15 кг, у которого сверху срезан сегмент. На образовавшейся круглой площадке выбран прямоугольный паз, а в одной из двух стенок паза сделаны отверстия с резьбой, в которые вставлены прижимные винты. Изделие, подлежащее гравировке (или доска с прикрепленной к ней заготовкой) укладывается в паз и прочно прижимается винтами (одним или двумя) к противоположной стенке паза.

Колодки изготавливаются из массивных стальных или чугунных брусков, снабженных специальными раздвигающимися губками. Гравируемый предмет закладывается между губками и прочно зажимается винтами. Чтобы доска с прикрепленной к ней пластиной или колодкой удобно и устойчиво лежала на верстаке и в процессе работы легко поворачивалась, под нее подкладывается кранц — тяжелая кожаная или парусиновая круглая подушка диаметром 150—200 мм, туго набитая песком. Под шрабругель для удобства работы подкладывается специальное кожаное кольцо. Кранцы придают устойчивость и маневренность (поворот) лежащим на них приспособлениям при работе резцом, а также поглощают шум от ударов при работе зубилом.

Граверный инструмент и его употребление. Основным инструментом при плоскостной гравировке является штихель, или резец. Общая длина штихеля составляет 100—130 мм; он изготавливается из лучших марок инструментальных сталей, способных держать заточку. Штихель вставляется в короткую деревянную ручку грибовидной формы, срезанную с нижней стороны для удобства работы (прижимания его к плоскости доски); кроме того, срез мешает штихелю кататься по верстаку. В зависимости от назначения штихели различаются по форме рабочей части и углу заточки, а также размерам (по номерам). Ниже описаны разновидности штихеля.

Шпицштихель — наиболее употребительный тип штихеля. Он служит для выполнения большинства граверных операций: оконтуривания рисунка, подрезки углов в шрифтовых работах (особенно рукописных), всевозможных подправок и подчисток и т. п.

Фляхштихель (широкий штихель) — штихель с плоской режущей кромкой; служит для выборки и выравнивания плоскостей.

Болштихель (полукруглый штихель) — штихель с полукруглой режущей кромкой, шириной до 4—5 мм; применяется при круглой и полукруглой выборке и при гравировке углублений.

Шатирштихель, или ребштихель — инструмент, как и фляхштихель, имеющий плоское лезвие. На его рабочей кромке расположены выступы. При гравировке эти выступы оставляют параллельные штрихи. Он применяется для штриховки плоских поверхностей параллельными линиями.

Мессерштихель — ножевой резец с очень тонким, до 0,1 мм, лезвием; применяется для проведения очень тонких линий. Мессерштихелем на полоске шириной 1 мм можно провести до 10 линий.

На рис. 69 дана серебряная кружка, рисунок на которой выполнен мессерштихелем.

Рис. 69. Серебряная кружка



При гравировании на вогнутых поверхностях или в углублениях применяются гнутые штихеля. Для приготовления гнутых штихелей тот или иной штихель нагревается в средней части докрасна и изгибается до необходимой кривизны. Иногда штихелям придают двойную кривизну, но оба изгиба обязательно должны лежать в одной плоскости.

Штихель держат в правой руке, в кулаке так, чтобы его рукоятка упиралась в ладонь, а большой и указательный пальцы поддерживали его в рабочем положении. При этом локоть находится на весу и опорой руки служит только большой палец, который в то же время является как бы тормозом и ограничивает проскальзывание штихеля вперед. В то же время указательный палец регулирует силу нажима на ребро штихеля и направляет его по линиям рисунка. Штихель ведут всегда только по прямой линии справа налево, проталкивая его вперед небольшими участками.

При гравировании кривых линий и закруглений поворот штихеля допускается лишь в небольших пределах, а все изгибы линий в соответствии с рисунком осуществляет левая рука, которая поворачивает заготовку, закрепленную в шрабкugel (или колодку), навстречу резцу.

Штихель должен быть хорошо и правильно заточен. Чем мягче металл, тем угол резания делают меньше (острее). При резании мягких материалов (дерева) угол равен 45° ; для стали он достигает $60\text{--}65^\circ$. Тупым штихелем работать нельзя — он соска-

кивает с металла и легко может поранить левую руку, которая постоянно находится перед штихелем. Кроме того, тупой штихель, соскальзывая с металла, портит работу. Острый штихель легко режет металл и берет нормальную стружку не более 0,1—0,2 мм.

Для плоскостного гравирования пригодны почти все металлы и многие неметаллические материалы (кость, дерево, пластмассы, некоторые мягкие породы камня, янтарь и др.). Из металлов лучше всего поддаются гравированию: латуни, томпак, пробное серебро, некоторые стали. Хорошо гравятся бронза, цинк, никелевые сплавы; хуже гравировать на чистом золоте, чистом серебре и платине, а также на чистом алюминии. Особенно трудно гравятся свинец, олово и чистая медь (красная).

Иногда для обогащения рисунка на серебряных и золотых изделиях совместно с гравированием применяют травление. Для этого изделие покрывают кислотоупорным лаком, на котором стальной иглой наносят рисунок так, чтобы только снять (процарапать) лак и обнажить поверхность металла, затем изделие травят кислотой. Для травления серебра применяют разведенную азотную кислоту, а для золотых изделий — разбавленную водой царскую водку. После травления лак удаляют скипидаром.

Обронное гравирование

Обронное гравирование по сравнению с плоскостным в современных условиях применяется гораздо шире и чаще. Это объясняется тем, что оно, как указывалось выше, служит для изготовления приспособлений, которыми репродуцируются художественные изделия в серийном порядке — это штампы, прессформы и т. п.

Изготовление обронной техникой уникальных изделий по оригиналу художника сейчас применяется редко. Обронное гравирование — более трудоемкий процесс по сравнению с плоскостным гравированием. Оброном выполняется рельеф (или контррельеф) и объемные предметы (или формы для объемов). Эта работа, естественно, требует снятия значительно большей массы металла с заготовки. Поэтому, кроме штихелей, при обронной работе применяются зубила, так как рубить металл значительно легче и скорее, чем резать его штихелем.

Зубила представляют собой стальные стержни толщиной 6—10 мм и длиной 120—150 мм. Рабочий конец их отковывается и опиливается по форме того или иного штихеля. В соответствии с этим различают: спицзубило, фляхзубило и болзубило. Рабочий конец закаливается с последующим отпуском.

Кроме зубил и штихелей, к граверному ручному инструменту относятся: керн (или кернер), применяемый для разметки (от

слесарного керна он отличается большим углом заострения); сечки — плоские зубила различной ширины с заточкой на одну сторону; чеканы — стальные стержни с различными рабочими концами для выравнивания фона и набивки фактуры. Форма граверных чеканов подобна чеканным (см. «Чеканка»), но они обычно более массивны, так как работают ими в основном по стальным заготовкам, при отделке штампов и пуансонов.

Пуансоны изготавливаются обычно гравером из инструментальной стали 6, 8 и 10 мм с соответствующей длиной 65, 85 и 100 мм. Изготавливать пуансоны большей длины нерационально, так как ону будут менее устойчивы из-за вредных вибраций и от сильных ударов могут гнуться. Рабочему концу пуансона придается небольшой конус, а на торцевой площадке гравировается буква или цифра или ее отдельные части в позитивном или негативном изображении (т. е. наружу или внутрь).

От обычных пуансонов отличаются так называемые зеки — это пуансоны, сделанные по форме буквы, но с таким расчетом, чтобы на его рабочей поверхности получились выпуклыми те места, которые в букве или цифре должны быть вдавленными, углубленными (выбранными). При работе такая зека ставится на то место заготовки, где должна быть отгравирована буква.

При ударе по зеке молотком металл под ней оседает, после чего остается выгравировать только наружные очертания буквы, что значительно легче. Разновидностью пуансонов являются так называемые маточники, на торце которых гравировается не буква или цифра, а часть рельефа или элемент орнамента.

При обранных работах применяются также рифлевки и надфили различных профилей.

При обранным гравировании заготовка, так же как и при плоскостном гравировании, укрепляется в шрабкугель или колодку, под которую подкладывается кранц.

При мелкой работе гравер пользуется лупой, укрепленной на специальном штативе. Очень важно, чтобы заготовка во время работы была хорошо освещена дневным или вечерним светом. В прошлом для усиления освещения гравированной поверхности применялись специальные стеклянные шары, наполненные слабым раствором медного купороса — «лихткугели», которые размещались между источником света (лампой) и гравированным изделием с таким расчетом, чтобы лучи света, окрашенные в зеленоватый цвет, концентрировались на обрабатываемой поверхности и усиливали ее освещенность.

Процесс обранным гравированием включает следующие операции:

- 1) подготовительные операции;
- 2) выполнение гравирования.

Для выполнения обранных работ, так же как и для плоскостных, подготавливается рисунок, снабжаемый разрезами, на ко-

торых дается характеристика рельефа (высота, количество планов) или сечение объемов. Однако ограничиться только рисунком в обронных работах нельзя. Необходимо иметь модель, т. е. копию авторского оригинала, выполненную в гипсе (в крайнем случае в пластилине или воске).

Перевод рисунка на металл производится одним из следующих способов:

1. Поверхность заготовки покрывают белой акварельной краской и на ней от руки с предварительной разметкой или при помощи циркуля и линейки воспроизводят рисунок.

2. На заготовку, покрытую белой краской, наносят тонкий слой воска (или пластилина). Затем подготавливают рисунок, выполняя его карандашом на кальке. При переводе рисунка надо учитывать, каким он должен быть на металле, — прямым или обратным (зеркальным). Зеркальный рисунок необходим при гравировании печатей, факсимиле и других работ, предназначенных для получения с них оттисков. Скопированный на кальку карандашный рисунок накладывается на заготовку лицевой поверхностью вниз и притирается рукояткой штихеля. Затем осторожно отдирают кальку и на восковой поверхности остается хорошо заметный отпечаток карандашного рисунка.

Выполнение гравирования. Гравирование производится различно, в зависимости от того, выполняется ли выпуклый (позитивный) оброн или углубленный (негативный), при котором работа ведется внутрь. При выпуклом оброне после нанесения рисунок оконтуривается стальной иглой или шпигтихелем, чтобы не сбить его при дальнейшей работе. Затем вокруг рисунка выбирается первая стружка. Эту работу проводят внимательно, чтобы неосторожным движением не испортить рисунок. В некоторых случаях штихелю придают уклон, чтобы создать конусность вертикальным стенкам.

Следующей операцией является выборка фона; его выбирают (режут или рубят) фляхштихелем или фляхзубилом. При глубокой выборке или при гравировке закруглений применяют болштихель или аналогичной формы зубило. После вырубки всего поля до необходимой глубины приступают к обработке самого рельефа, который режется или рубится соответствующими штихелями или зубилами. Кроме того, для такой работы применяются рифлевки, надфили и чеканы.

Для ускорения работы при гравировании повторяющихся элементов или для выполнения особенно мелких и сложных деталей применяются пуансоны, зеки и маточники, которые предварительно изготавливаются, исходя из рисунка и характера работы.

При углубленном оброне на отшлифованной поверхности заготовки вычерчивается наружный контур рельефа, который обводится шпигштихелем. После этого вырубают металл внутри очерченного рисунка. Рубка осуществляется зубилами различной

формы. Рубить вглубину следует очень осторожно, с частыми проверками и сравнениями с оригиналом.

Проверка производится следующим образом: в предварительно увлажненную вырубленную форму втискивается кусок размягченного пластилина и полученный оттиск сравнивается с оригиналом, по которому ведется работа. Основные глубины измеряются штангенциркулем или проверяются шаблоном.

Углубленный оброн требует от гравера высокой квалификации и навыка, так как работа производится на глаз и только корректируется измерениями в отдельных точках рельефа. Чем глубже выбирается металл, тем осторожнее работает гравер, снимая более тонкие стружки, так как исправление чрезмерной вырубки связано с большими трудностями. Исправление ошибок производится или путем спиливания всей поверхности заготовки вокруг всего контура, или высверливания отдельных дефектных участков и вставкой пробок. Оба способа весьма трудоемки. Когда рельеф почти вырублен на необходимую глубину и слепок почти соответствует оригиналу, рубку прекращают и приступают к отделке штихелями, чеканами и пуансонами.

В процессе отделки небольшое количество оставленного металла снимается, а часть его садится, уплотняясь под ударами чеканов и пуансонов. После окончательной отделки (шлифовки и полировки отдельных участков) слепок становится тождественным с моделью и модель полностью плотно входит в углубленный оброн.

Для подчистки и подрезки на дне углублений применяются гнутые штихеля и рифлевки. Чтобы не испортить край, применяется специальная подкладка из плотного дерева или металла (латуни) размерами $100 \times 10 \times 1,5$ мм, края у которой полукругло спилены.

В настоящее время при изготовлении стальных штампов и прессформ для облегчения работы часто применяют предварительную грубую выборку металла на фрезерных станках или отливку прецизионным (точным) методом всей матрицы или прессформы. В последнем случае граверная работа сводится только к зачистке и отделке полости штампа, что значительно ускоряет и облегчает работу гравера.

Механизация граверных работ

Для облегчения и ускорения граверных работ — плоскостных и особенно обронных — применяются различные механизмы и машины.

Многие подготовительные операции производят на обычных металлорежущих станках: токарных, сверлильных, строгальных, фрезерных и шлифовальных. К ним относятся: обточка и строжка

наружных поверхностей заготовок для обральной работы, шлифовка досок и граней заготовок, снятие фасок, сверловка отверстий, грубая фрезеровка углублений и т. п.

При граверных работах часто используется бормашина, которая посредством быстровращающегося шпинделя, снабженного гибким валом, приводит в действие специальные стальные или образивные шарошки различных профилей и размеров. Бормашинной удобно производить грубую выборку в стальных матрицах и обработку пуансонов, а также шлифовать плоские и кривые поверхности и выполнять другие работы.

Гильоширная машина, названная по имени ее изобретателя Гильо, позволяет вычерчивать на поверхностях предмета тончайшие, сложно сплетенные сетки из правильно повторяющихся очень тонких кривых линий. Машина работает штифтом с алмазом на конце. Прорезаемые линии имеют незначительную глубину. Гильоширные рисунки используются для декорирования плоских или слабо выпуклых поверхностей.

Например, в XIX в. она широко применялась для обработки крышек карманных золотых и серебряных часов и портсигаров. Кроме того, гильоширной машиной гравировали доски для печати сложных сеток (например, на денежных знаках).

Гравировально-копировальная машина — механически воспроизводит при массовых тиражах различные плоскостные или обранные граверные работы. После установления на столе машины специально подготовленного шаблона и укрепления на столе подачи заготовки включают мотор, приводящий во вращение шпиндель станка, в котором укреплен резец. Затем посредством вертикальной подачи доводят резец до соприкосновения с заготовкой при плоскостной гравировке или осторожно заглубляют его до необходимой глубины выборки на оброне. Дальнейшая работа состоит в обведении всех линий шаблона специальным осязателем, движение которого через систему рычагов передается резцу, который точно воспроизводит его по заготовке.

Пантограф представляет собой более сложную копирующую машину, приводимую в движение автоматически и работающую алмазным резцом. Кроме того, пантограф снабжен специальным приспособлением, которое служит для пропорционального уменьшения формы. Степень уменьшения на современных машинах находится в широких пределах. Шаблон обычно делают в большом масштабе, что обеспечивает высокую точность окончательной (уменьшенной) формы.

Применение пантографа позволяет воспроизводить фигурные и портретные композиции в уменьшенном размере, используя в качестве шаблона крупные по масштабам авторские оригиналы. При этом получают уменьшенные рельефы, воспроизведенные непосредственно на стали и пригодные для применения их в ка-

честве пуансонов (переводников) для штамповки массовых изделий (орденов, медалей).

Рельефно-гравировальная машина снабжена специальным устройством для преобразования вертикального движения в горизонтальное. Имея в качестве шаблона барельеф (например, медаль), машина преобразует вертикальное движение осязателя в ряд согласованных кривых на плоскости гравировальной доски. В результате получается плоское (двухмерное) светотеневое графическое изображение рельефа, не лишенное определенных художественных качеств. Машина работает алмазным резцом и может воспроизводить изображение на стальных досках, пригодных для печати.

Наиболее прогрессивным и весьма точным способом гравирования матриц в твердых материалах, металлокерамических сплавах и металлах является современный метод электроимпульсной обработки, а также электроискровой метод, позволяющий получать весьма чистые и точные поверхности в твердых материалах (см. § 32).

§ 34. ГРАВЮРА

Различают два типа гравюры: глубокая и высокая. В первом случае краска задерживается в углублениях (а с выпуклых частей доски краска удаляется). Для получения оттиска бумага увлажняется и на специальном станке прокатывается под большим давлением. Влажная бумага вдавливается в углубления доски и краска прилипает к ней.

Во втором случае краска накатывается специальным валиком на выступающие части рельефа и печать производится при помощи прессы.

При работе над глубокой гравюрой мастер вынимает (углубляет) те места, которые на оттиске должны быть черными, а на высокой гравюре, наоборот, — белыми.

Глубокая гравюра по характеру исполнения имеет следующие виды:

- гравюра резцом;
- гравюра иглой (сухая игла);
- гравюра пунктиром;
- меццо-тинто, или черная манера;
- вытравная гравюра, или офорт:
 - а) штриховой офорт;
 - б) акватинта, или акварельная манера;
 - в) мягкий лак, или карандашная манера.

Высокая гравюра подразделяется на следующие виды:

- обронная гравюра;
- гравюра на дереве (ксилография);

- а) продольная (обрезная) гравюра;
 - б) торцовая гравюра;
- гравюра на линолеуме.

Виды глубокой гравюры

Гравюра резцом. Первые образцы этой гравюры (которых сохранилось всего около 200 листов) относятся к XV веку. Ее открытие (1452 г.) приписывается флорентийскому ювелиру Финигверра.

Крупнейшими художниками, работавшими в этой манере, являются итальянские мастера Бальдини, Боттичелли, Мантенья. Знаменитая «Меланхолия» Дюрера выполнена также в этой технике. Величайшим мастером резцовой гравюры, доведшим эту технику до совершенства, был Лука Лейденский (1494—1533). Он оставил после себя непревзойденные образцы этого вида гравюры.

Гравюру этим способом лучше всего резать на медной, цинковой или стальной доске. Со стальной доски можно сделать наибольшее число оттисков. Выполненный на бумаге рисунок переносится через копировальную бумагу на доску, предварительно покрытую тонким слоем лака. Полученный рисунок обводится иглой, после чего мастер сразу приступает к его гравированию резцом или вытравливанию кислотой для того, чтобы сделать рисунок более явственным.

Для этого доску с процарапанным по лаку рисунком погружают на короткое время в азотную кислоту, которая растворяет металл в обнаженных иглой местах. После смытия лака на доске выступает хорошо заметный рисунок, по которому гравировать значительно легче. Лак применяют кислотоупорный.

Ошибки в гравировании исправляют следующим образом: если неправильно проведен легкий неглубокий штрих, то его затирают специальной гладилкой, если же ошибочная линия прорезана глубоко, то металл снимают специальным шабером, а полученную впадину выбивают с изнанки молотком, положив доску на плоскую, гладкую наковальню.

Гравюра режется штихелями, но, кроме описанных выше типов штихелей, здесь применяется еще один тип — грабштихель. Его стержень имеет ромбовидное сечение, и после соответствующей заточки им можно прорезать линии любой ширины в зависимости от их глубины. Чем глубже прорезана линия, тем она шире. Грабштихелем работают так же, как и другими типами штихелей. При выборе стружки грабштихелем по сторонам остаются небольшие заусенцы, которые удаляются шабером.

Гравюра иглой (сухая игла). Обработка доски в этом случае производится не резцом, а стальными или алмазными

иглами, закрепленными в деревянные рукоятки. Работая иглой, гравер царапает поверхность доски. Штрих от иглы имеет незначительную глубину. При этом металл не срезается, а только перемещается. Выступающие по краям штриха заусенцы не снимаются, они и придают своеобразие этой гравюре. При печатании в рваном крае штриха и в заусенцах задерживается краска, сообщая линии на отпечатке своеобразную мягкость и неопределенность. Число оттисков обычно на этой гравюре не превышает 20—30 шт., так как штрихи быстро сглаживаются.

Гравюра пунктиром. Сущность этого метода заключается в том, что рисунок гравировается не штрихом, а комбинацией правильных точек — то более мелких, то крупных.

Более мелкие и редкие точки дают на оттиске иллюзию света, а более крупные и сгущенные — тени. Переходы получаются мягкие, создающие очень приятное впечатление. Точки воспроизводятся или путем выбивания специальным острым молоточком, или пуансоном с различно заостренным рабочим концом — то более острым, то тупым. В результате точки по величине и глубине получаются неодинаковыми. Размещая их по поверхности рисунка, гравер добивается как бы различной густоты тона. Иногда точки наносятся сквозь лак, что позволяет смягчить резкость их контуров действием кислоты.

Этот метод был окончательно утвержден и применен как самостоятельная манера художником Бартолоцци (1735—1813). Но гравирование точками использовали и офортисты, и резчики гравюр еще в XVII в. В современной практике этот метод встречается очень редко.

Меццо-тинто, или черная манера. Этот вид гравюра был изобретен в 1642 г. мастером А. фон Зигеном. Для получения такой гравюры необходима шероховатая металлическая доска, дающая на отпечатке ровный черный цвет. Раньше это достигалось при помощи специального инструмента — гранильника (качалки), который представляет собой стальную пластину, имеющую форму плоского сектора с насечкой по дуге. Прижимая к доске и покачивая его, инструмент постепенно перемещали по поверхности доски, при этом на доске оставался остро-шероховатый след.

Сначала проходили параллельно одной из сторон доски, потом в перпендикулярном направлении и, наконец, по диагонали, повторяя эту операцию до получения равномерной шероховатости. Такая доска, натертая краской, дает на отпечатке сплошной черный глубокий цвет.

Более быстрый (современный) способ обработки шероховатой поверхности получается при натирании поверхности доски крупнозернистым кварцевым (горным) песком при помощи стеклянного куранта. Песок при вращательном движении куранта оставляет на доске мельчайшие риски и углубления, создающие

достаточно равномерную поверхность, хорошо удерживающую краску.

Дальнейшая работа гравера заключается в том, что он при помощи специальных стальных инструментов — гладкого полированного планира и острого трехгранного шабера сглаживает или выскабливает в большей или меньшей степени шероховатость доски в тех местах, которые должны быть на оттиске светлее фона. Чем глаже пятно, тем меньше на нем задерживается краска и тем светлее оно будет на эстампе. Таким образом, гравер работает над теми частями доски, которые должны стать белыми или светлыми, а черные места он имеет уже в готовом виде.

Очевидно, что этот метод — метод меццо-тинто, или черной манеры, диаметрально противоположен гравюре резцом, когда на металле делается рисунок, который на оттиске получается черным, и остаются нетронутыми светлые места. При черной манере, наоборот, гравер отправляется от черного к белому — он работает только над высветлением тех или иных участков рисунка. Этим способом можно получить чрезвычайно мягкие переходы тона и светотени. Иногда слишком неопределенные очертания предметов, характерные для меццо-тинто, подчеркиваются резцом или иглой.

Следует заметить, что число оттисков с такой доски обычно невелико.

Офорт, или вытравная гравюра. Офорт можно назвать гравюрой только условно, так как в процессе его изготовления гравирование как процесс отсутствует и рисунок на доске не режется резцом, а травится азотной кислотой. Обычно после травления гравер усиливает или подчеркивает отдельные штрихи и линии иглой или резцом.

Самый ранний из известных образцов офорта, относящийся к началу XVI в., выполнен немецким мастером Дюрером («Святой Иероним», 1512 г.). Ранние гравюры Дюрера выполнены на железных пластинах. Ему же принадлежит приоритет в применении иглы. Величайшим из офортистов был Рембрандт (1606—1669). Он дополнил технику офорта иглой и резцом.

Гениальным офортистом также был Гойя (1746—1828), работавший помимо штрихового офорта и акватинты (см. ниже).

Штриховой офорт. Технология штрихового офорта заключается в следующем. Металлическую доску покрывают тонким слоем кислотоупорного лака (грунтуют). Затем на нее через копировальную бумагу переводят заранее подготовленный рисунок. Обычно острым твердым карандашом обводят только основные контуры рисунка. Затем, сняв бумагу, по основным линиям выполняют стальной иглой весь рисунок.

Офортные иглы имеют различную толщину и степень заострения, а для удобства работы они вделаны в деревянные рукоятки. Закончив нанесение рисунка, оборотную сторону и края доски

покрывают тем же лаком и погружают в плоский сосуд с азотной кислотой. Азотная кислота травит металл в обнаженных (от лака) иглой местах, затем доску хорошо промывают и высушивают.

Рассматривая полученный рисунок, мастер закрывает лаком те его линии и штрихи, которые в результате травления получили достаточную глубину и на оттиске должны быть самыми светлыми (например, задний план). Остальной рисунок (не закрытый лаком) подвергается повторному травлению, более глубокому. Эта операция повторяется многократно, пока на гравюре не получится целая градация штрихов различной глубины, в зависимости от продолжительности травления.

Чем глубже вытравлена линия, тем чернее она получится на оттиске. Закончив травление, лак смывают керосином и делают пробный оттиск. При просмотре оттиска обнаруживают недостатки и исправляют их на доске. Исправление производят последующим травлением, сухой иглой или резцом.

Акватинта, или акварельная манера. Этот способ офорта позволяет получить эстамп, как бы воспроизведенный кистью, мазком, а не линией. При этом выполняют работу, которая содержит две последовательно чередующиеся и многократно повторяющиеся операции:

- 1) наложение на отдельные места доски мазков лака, которые делаются кистью, с целью предохранить эти участки рисунка от разъедания кислотой;

- 2) травление в кислоте остальной, не закрытой лаком, поверхности доски.

Прежде всего лаком закрываются те места, которые на эстампе должны быть наиболее светлыми. Затем доску опускают в кислоту и слегка вытравливают всю поверхность, не закрытую лаком. Таким образом получается первый полутон. Промыв и высушив доску, операцию повторяют. Закрыв новые места, доску опять погружают в кислоту. Так, последовательно закрывая лаком достаточно вытравленные места, продолжают углублять травлением остальные, пока не создадут полную гамму полутонов, до необходимой степени темноты, а в некоторых местах до полной черноты.

Мягкий лак, или карандашная манера. Гравирование карандашной манерой было изобретено в середине XVIII в. французским гравером Франсуа из Нанси (1740—1757). Благодаря этому методу эстамп имеет вид рисунка, сделанного карандашом.

Для получения гравюры доску покрывают мягким лаком (асфальтом с бараньим салом); наложив на нее рисунок, выполненный на тонкой бумаге, его обводят карандашом или костяной палочкой. Лак пристает к бумаге, и после ее удаления на доске остаются свободные от лака штрихи различной фактуры, которые

вытравляют кислотой. Если с этой доски снять отпечаток, то он очень напоминает карандашный рисунок.

Бумагу или ткани различных структур кладут непосредственно на лаковую поверхность, под лист тонкой бумаги, на которой воспроизведен рисунок. При нанесении рисунка карандашом различной толщины и твердости (включая и мягкие тушевые) применяют различную силу давления, благодаря чему можно достичь большого разнообразия и значительной глубины тонов.

Этим приемом работал французский гравер Демарто. Он развил этот прием до полного подражания сангвину и пастели.

Травильные составы для офортов применяются различной концентрации. Наиболее часто пользуются 5—20%-ным раствором азотной кислоты.

Крепость раствора изменяют в зависимости от состава и толщины слоя лака (грунта). Свежая травильная жидкость действует сильнее, и ее обычно размешивают с уже бывшей в употреблении. Теплые (подогретые) растворы также действуют сильнее, холодные — слабее. Крепкие растворы расширяют штрих, подтравливают края, а слабые углубляют. Следует иметь в виду, что линия, проведенная штихелем, в печати выделяется значительно яснее, чем линия такой же ширины, воспроизведенная травлением.

В процессе изготовления доски необходимо следить за образованием пузырьков газа. Если они выделяются очень бурно (как при кипении воды), то кислота очень крепка и ее немедленно следует разбавить водой, иначе доска может нагреться, кислота станет проникать сквозь размягчившийся лак и работа будет испорчена.

Вместо азотной кислоты можно применять хлористое железо, разбавленное приблизительно в тех же пропорциях водой, как и азотная кислота, в зависимости от того, какой металл предполагается травить. При травлении хлористым железом ванну, в которую налит раствор, необходимо равномерно покачивать. Для предохранения рук от ожогов кислотой все травильные работы следует производить в резиновых перчатках.

Виды высокой гравюры

Обронная гравюра. Материалом для этой гравюры служит медь, латунь, цинк, сталь. Раньше она широко применялась для изготовления различных книжных украшений (заставок, концовок и пр.).

В настоящее время эта гравюра почти вытеснена производством фотоклише.

К этому виду гравюры относится гравировка пуансонов, служащих оригиналом для отливки типографского шрифта. Это очень трудоемкий и ответственный процесс, требующий высоко-

го мастерства и навыка. Заготовка пуансонов представляет собой стальной стержень квадратного сечения, на торце которого гравировается в зеркальном изображении литера, знак или цифра. Рисунок наносится иглой посредством специального прибора — калибра, позволяющего прочерчивать вертикальные, горизонтальные и наклонные линии под определенным углом и точным расстоянием между ними.

Гравер рассматривает свою работу через сильную лупу, укрепленную на специальном штативе. Работа выполняется большим набором разнообразных инструментов: рифлевками, надфилями, чеканами, зеками, пуансонами и др., но главным инструментом является штихель. Законченный пуансон закаляют и в специальном прессе отжимают медную матрицу, которая затем служит формой для отливки шрифта.

Гравюра на дереве (ксилография). Гравюры на дереве бывают двух видов:

а) продольная, — когда слои дерева расположены в плоскости доски;

б) торцовая, — когда слои дерева расположены перпендикулярно к обрабатываемой поверхности.

Продольная гравюра — древняя техника, относящаяся к началу XV в. Для продольных гравюр применяются доски с маловыраженной слоистостью и гигроскопичностью, но с достаточной плотностью, например древесина груши, яблони, сливы, а также березы и липы. Доску подготавливают столярным способом. Толщина ее после обработки доводится до 20—25 мм, т. е. до высоты (роста) типографского шрифта для удобства использования ее при печати — она печатается вместе с текстом.

Рисунок переводится на доску обычным способом через копировальную бумагу или рисуется от руки. Для удобства резьбы всю доску иногда покрывают разведенной тушью — на темном фоне лучше виден вырез рисунка. Иногда сложный рисунок выполняют на тонкой бумаге и наклеивают ее на доску клейстером. Его режут вместе с бумагой (японский способ).

Инструментами для производства продольных гравюр служат специальные ножи с различными профилями режущей части, а также полукруглые стамески. След от стамески по форме получается такой же, как и от болштихеля, а стружка, вырезанная ножом, имеет треугольное сечение.

При резьбе продольных гравюр режущий инструмент движется в различных направлениях относительно слоев древесины (то вдоль, то поперек), встречая неодинаковое сопротивление, что затрудняет проведение плавных линий в соответствии с рисунком. Кроме того, и сама линия в различных частях имеет неодинаковую прочность при печати; особенно это относится к тонким линиям, которые быстро сминаются, а линии, проведенные поперек слоев, — выкрашиваются.

Торцовая гравюра изобретена в конце XVIII в. английским гравером Т. Бьюиком. Торцовая гравюра не имеет недостатков, свойственных продольной гравюре. Она режется во всех направлениях одинаково, благодаря чему линии получаются равномерными, не выкрашиваются и выдерживают значительно большее давление при печати. Торцовая гравюра режется штихелем тех же типов, что и металлическая, только угол его заточки делается острее. Для предохранения штрихов на поверхность доски под штихель кладут деревянную или костяную подкладку. Она служит опорой для выемки стружки. При работе ее удерживают указательным и средним пальцами левой руки.

Для торцовой гравюры употребляют твердую плотную древесину. Лучше всего для этого идет самшит. Он обладает большой плотностью (0,91—1,16 для сухой древесины). Чуряки распиливаются на кружки толщиной 30 мм и хорошо просушиваются. Затем они опиливаются в прямоугольную форму. Для работы используют куски без сучков и косых слоев, которые хорошо заметны на срезе по своей светлой (как бы атласной) окраске. Косые слои при резьбе выкрашиваются или мочалются. Отдельные прямоугольные куски склеиваются столярным клеем в доски необходимого размера и хорошо обтачиваются и шлифуются с обеих сторон. Если негодные участки (сучки и другие дефекты) невелики, то их высверливают и в отверстия загоняют пробки из хорошего самшита. Так же исправляют и ошибки при резьбе.

Во избежание раскалывания и коробления досок значительных размеров их скрепляют болтами, пропущенными в толще доски, или стальными трубками (6 мм в диаметре), которые загоняют в ряд параллельных отверстий.

Грунт под рисунок делают из сухих белил, растертых на яичном белке с добавлением квасцов.

Гравюра на линолеуме. Материалом для этой гравюры служит линолеум толщиной около 3 мм. На линолеуме резать легче, чем на дереве. Его поверхность тщательно шлифуется пемзой с водой. Рисунок переводится обычным способом — через копировальную бумагу или наносится от руки. Подготовленный кусок линолеума прибивается или приклеивается на доску, чтобы при работе он не прогибался. Его режут узкими полукруглыми стамесками с U-образным и V-образным профилем, вырезая и углубляя те места, которые должны быть на оттиске белыми.

§ 35. ЧЕРНЬ

Чернь — древний способ декорирования художественных изделий из драгоценных металлов (серебра и золота). При раскопках Гнездовских могильников близ Смоленска, относящихся к

X в., были обнаружены серебряные изделия, украшенные чернью. Прекрасный черневой орнамент украшает турий рог из Черной могилы близ Чернигова, который академик Б. А. Рыбаков также относит к X в. Особого расцвета эта техника достигает в XV и XVI вв. Впервые подробная технология этого вида искусства была описана в трактате о ювелирном искусстве Бенвенуто Челлини (1500—1571), в котором указаны состав и приемы приготовления черни.

В настоящее время существует много видов черни, отличающихся по составу и цвету, начиная от серебристо-серых тонов и кончая черно-бархатными. Существуют варианты и в технологическом процессе ее приготовления, наложения и обжига. Технология черневого процесса содержит следующие последовательные операции.

Приготовление черни. Чернь состоит из серебра, меди, свинца (или олова) и серы, сплавленных в различных пропорциях. Для лучшего ошлаковывания и предохранения от окисления в процессе варки добавляют флюс. Существует несколько способов приготовления черни.

По первому способу сначала расплавляют в тигле необходимое количество серебра и меди. Затем туда вводят свинец и небольшое количество флюса (буры) для предохранения от окисления.

С расплавленной металлической части шихты снимают шлак и небольшими порциями добавляют серу. При этом сплав постоянно размешивается деревянной или глиняной мешалкой. Затем вновь добавляют флюс, еще раз хорошо перемешивают, вторично снимают шлак и готовую чернь выливают на чугунную сковородку. Остывшую и затвердевшую чернь дробят на куски и вновь переплавляют с добавлением серы и флюса. Плавку ведут с перемешиванием и удалением шлака. Эту операцию переплавки для улучшения качества черни повторяют до трех раз. Готовую чернь измельчают в ступках и просеивают через мелкое сито.

По второму способу медь плавят с серебром, взятым в необходимых количественных отношениях по весу. Затем к ним добавляется соответствующая доля свинца и хорошо перемешивается. Горячий сплав выливают в другой тигель с расплавленной серой, взятой из расчета на одну часть металлического сплава 1,2—1,5 частей серы (по объему). Иногда серу предварительно не плавят, а горячий металлический сплав выливают в тигель, наполненный до половины сухой мелкоистолченной серой, и тщательно перемешивают. Готовую смесь выливают на железную сковороду или плиту, дают ей остыть и, измельчив, вновь переплавляют (без добавления серы). Готовую охлажденную чернь толкут в порошок, который перемешивают с водным раствором буры до сметанообразного состояния.

По третьему способу, разработанному в бывшем Московском институте цветных металлов и золота под руководством проф. А. Г. Спасского, сначала готовят отдельно сернистое серебро, сернистую медь и сернистый свинец, а затем сплавляют их вместе в определенных пропорциях.

Для приготовления сернистого серебра на 97,8 г чистого серебра в виде измельченной стружки берут 20 г серы в порошке; их смешивают и постепенно нагревают в графитовом тигле до 300—400°. Сера диффундирует в металл и образует сернистое серебро. Таким же приемом получают сернистую медь и сернистый свинец. Для этого на 800 г меди берут 250 г серы, а на 400 г свинца — 75 г серы.

Полученные сернистые соединения измельчают и смешивают в следующих весовых отношениях для получения 1 кг черни:

сернистое серебро	111,2 г
сернистая медь	466,6 г
сернистый свинец	422,2 г
чернь	1000,0 г

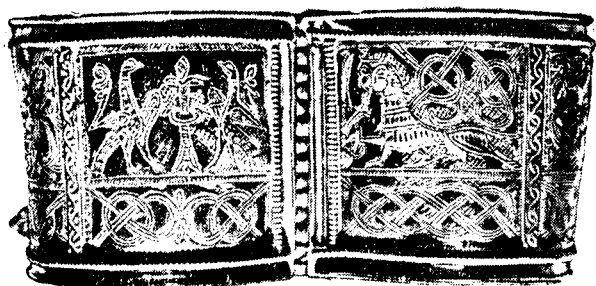
Затем полученную смесь (чернь) насыпают в холодный графитовый тигель, сверху ее засыпают сухим древесным углем и помещают в муфельную печь, нагретую до 800°. Через 30—40 мин, когда чернь нагреется до 600—650°, в тигель добавляют хлористый аммоний из расчета 284 г аммония на 1 кг черни. Затем тигель закрывают графитовой крышкой и после полного расплавления смесь выливают в чугунную изложницу, подогретую до 300°, в которой сплав медленно остывает.

Существуют и другие приемы приготовления черни. В качестве флюса в современных условиях применяют хлористый аммоний, поташ с поваренной солью и буру. По мнению мастеров,

Таблица 20

Варианты состава черни	Компоненты сплава						Флюсы	
	серебро	медь	свинец	олово	висмут	сера	бура	хлористый аммоний
1	4	9	9	—	—	48	2	—
2	2	5	3	—	—	24	1	—
3	1	2	3	—	—	12	1	—
4	1	5	7	—	—	24	4	—
5	2	9	15	—	—	75	—	2,5
6	38	72	50	—	—	384	36	—
7	9	1	1	—	1	30	—	—
8	1	2	—	3	—	—	6	—
9	3	2	2	—	—	—	—	—
10	1	3	3	—	—	—	6	—

Рис. 70. Серебряный
браслет с чернью
[X—XII вв.]



бура дает лучшие результаты по сравнению с хлористым аммонием.

Составы черневых масс в весовых частях приведены в табл. 20.

Наложение и обжиг черни. Перед наложением черни вся поверхность изделия тщательно шлифуется — на ней не должно оставаться случайных царапин и рисок, в которые могла бы попасть чернь и исказить рисунок. Края изделия и места пайки, а также участки поверхности, на которых не должно быть черни, обмазывают огнеупорной глиной, размешанной в воде. Глина предохраняет места пайки от выгорания припоя и, кроме того, не дает черни расплываться.

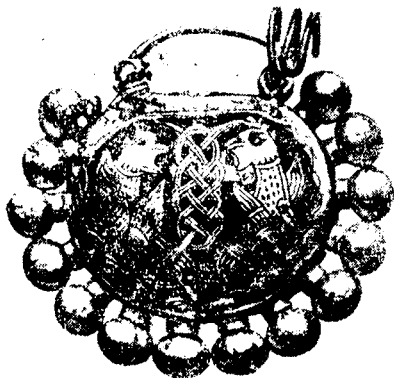
Существует два приема наложения черни — сухой и мокрый.

Первый — сухой способ заключается в том, что поверхность, подлежащая чернению, смачивается водным раствором поташа, буры и поваренной соли и на нее насыпается тонко измельченный и просеянный через сито порошок черни. Затем изделие осторожно просушивается. Чернь, случайно попавшая на места, не подлежащие чернению, удаляется. В таком виде изделие поступает в обжиг, который проводят в муфеле при температуре 300—400°.

Второй — мокрый способ отличается тем, что порошок черни смешивают с крепким раствором хлористого аммония (нашатыря) или смеси поташа и буры и в сметанообразном состоянии накладывают специальную деревянной лопаточкой на изделие, просушивают и обжигают, внимательно следя за тем, чтобы не перегреть. Как только чернь расплавится и зальет все углубления, нагрев прекращают.

Удаление излишков черни и отделка изделий. После оплавления чернь прочно соединяется с металлом изделия и не отстает от него даже при деформации предмета. Ответственной операцией является удаление излишков черни, которая заливают после оплавления значительную часть поверхности изделия, выходя за рамку или край рисунка.

Рис. 71. Серебряная подвеска
с чернью
[X—XII вв.]



Излишки черни удаляются шабровкой или путем опиливания напильником до появления рисунка. Эта работа производится аккуратно, чтобы не захватить и не спилить рисунок. Затем изделие шлифуют, в процессе чего окончательно «проявляется» весь рисунок, и если нужно, его полируют. Часто изделие дополнительно обрабатывается резцом (гравировается) или канфарником.

При окончательной отделке изделия иногда золотят. В современных условиях золочение осуществляется в гальванических ваннах. Следует иметь в виду, что чернь, в отличие от эмали, хорошо проводит ток. Поэтому поверхности, покрытые чернью, необходимо тщательно изолировать защитным лаком, иначе они окажутся вызолоченными.

Изделия под чернение могут быть изготовлены различной техникой: гравировкой, тиснением, чеканкой, штамповкой, оброном, литьем. Необходимым условием является наличие углублений, подлежащих заполнению чернью, глубина которых должна быть не меньше 0,2—0,5 мм.

В черневом искусстве можно выделить приемы применения черни, влияющие на восприятие художественной композиции как белого на черном или, наоборот, черного на белом. Например, на ранних образцах (рис. 70 и рис. 71) домонгольской русской черни (X—XII вв.) углубленный фон заполнялся чернью, тогда светлый рисунок четко выступал на черном поле. Начиная с XIII в., применяется другой способ, наоборот, углубляется и заполняется чернью сам рисунок (контурный или сплошной); при этом черный рисунок читается на светлом фоне (рис. 72).

В произведениях XVI и XVII вв. между черным и светлым изображением рисунка достигается тонкое гармоничное сочетание. Примером может служить черневая тарелка из Оружейной палаты XVII в. (рис. 73).

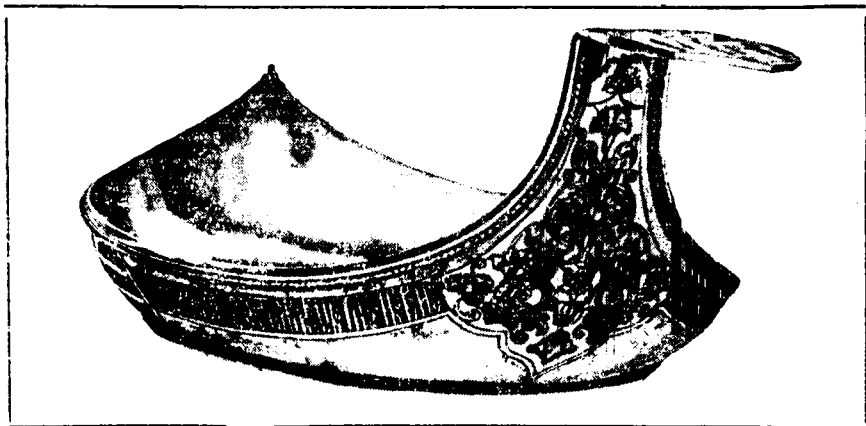


**Рис. 72. Жалованный ковш дьяку Богдану Силину
[1650 г. Государственная Оружейная палата]**

В черневом искусстве, так же как и в гравюре, возможна передача светотени, объемов, пространства и планов, например в работах мастеров XVII и XVIII вв. Великого Устюга. Это своеобразие характерно и для современных изделий артели «Северная

**Рис. 73. Черневая тарелка
[XVII в., Государственная Оружейная палата]**

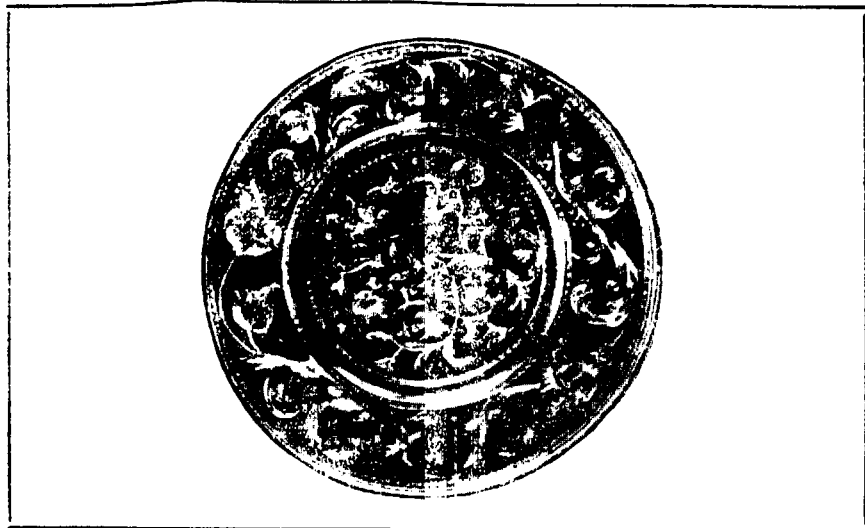
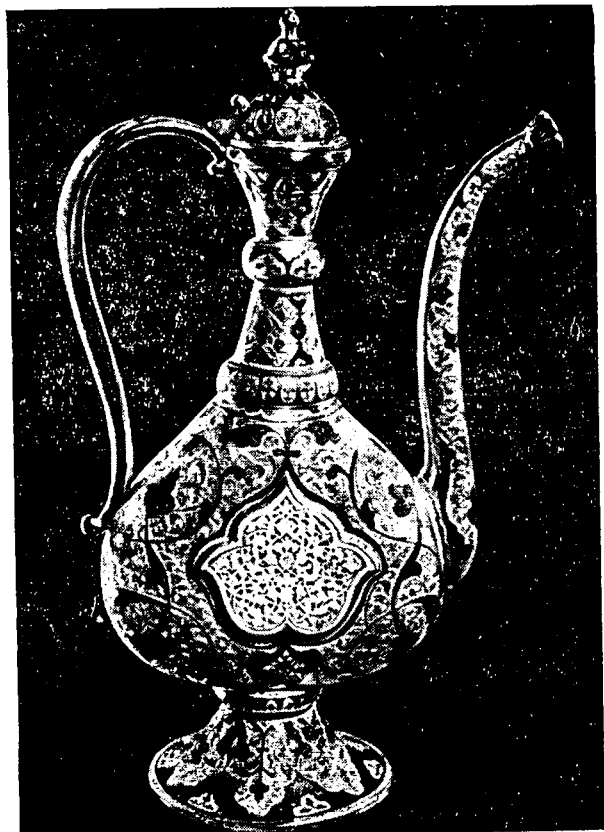


Рис. 74. Серебряный
кувшин с чернью
(художник Г. Б. Маго-
медов, Кубачи)



чернь», продолжающей художественные традиции прошлого (см. ниже рис. 117). Своеобразной художественной трактовкой отличаются черневые изделия аула Кубачи в Дагестане (рис. 74).

§ 36. НАСЕЧКА

Насечка (таушировка) — своеобразный, очень древний прием украшения драгоценными металлами бронзовых и стальных изделий. Этот способ применялся для декорирования художественных изделий, предметов бытового назначения, вооружения и боевого снаряжения; мечей, кинжалов, щитов, шлемов, а позднее и огнестрельного оружия.

Сущность процесса заключается в том, что наружные поверхности предметов насекаются (отсюда и название) и на эти по-

верхности набивается золотой или серебряный узор — тончайший орнамент из завитков и стилизованных растений, изображения животных, птиц или человека. Иногда в этой технике воспроизводились целые сцены из нескольких фигур, а также осуществлялись различные орнаментированные надписи, например древнеславянские вязи, выполненные русскими мастерами, или изречения из корана — на восточных изделиях.

Исторически насечка происходит от так называемой «хризографии». Этим термином в Древней Греции называли своеобразный прием инкрустации бронзовых изделий золотом и серебром. Наиболее древние образцы хризографии относятся еще к древнеегипетской и Крито-Микенской культуре, например бронзовая статуэтка египетской царицы Каромамы (Новое царство), украшенная золотой насечкой.

Известны также бронзовые кинжалы, инкрустированные золотом, хранящиеся в Каирском музее, и бронзовое кресло из Неаполитанского музея, инкрустированное серебром (начало нашей эры), а также бронзовые предметы из раскопок Помпеи, украшенные этим же приемом.

Начиная с IX и X вв., украшение золотыми и серебряными узорами распространяется на железные предметы. Особого расцвета техника золотой насечки по стали достигает к XII в. Образцы, относящиеся к этому периоду, известны в древней Руси, Византии, Сирии, Иране, Китае, Японии, а также в искусстве Кавказа и средневековой Европы. Особого расцвета достигает техника золотой насечки в XVI и XVII вв., что подтверждают замечательные памятники древнего вооружения, хранящиеся в Государственной Оружейной палате Московского Кремля.

В настоящее время в Советском Союзе золотую насечку применяют в своих работах мастера-художники из аула Кубачи (в Дагестане) и Златоуста на Урале; не забыта она и тульскими оружейниками. Сохранилась технология золотой насечки и за рубежом. Примеры ее можно встретить в современном прикладном искусстве Чехословакии, Италии, Испании, а также Китая и Японии.

Профессор Ф. Я. Мишуков выделяет несколько различных самостоятельных приемов золотой насечки, которые развились в известной исторической последовательности, причем каждый из них имеет свои специфические художественные качества.

А. Врезная таушировка (инкрустация):

- 1) рисунок вырезается штихелем;
- 2) рисунок вырубается зубилом.

Б. Набивная или поверхностная таушировка (насечка):

- 1) ленточная таушировка;
- 2) таушировка волооченой проволокой;
- 3) листовая таушировка с рассечкой;
- 4) таушировка с последующей наводкой.

Врезная таушировка (инкрустация) — это наиболее древний метод, основой которого является хризография. Он наиболее трудоемкий и требует высокого мастерства и художественных способностей от исполнителя. Врезная таушировка заключается в том, что на поверхности стального изделия гравировается углубленный рисунок, причем стенки, края рисунка немного поднутряются, т. е. подрезаются внутрь, для того чтобы прочнее держался золотой узор. Глубина рисунка выдерживается в пределах 1—1,5 мм, а дно рисунка насекается.

В зависимости от того, каким инструментом выполняется углубленный рисунок и наложение драгоценного металла, инкрустация подразделяется на две разновидности:

Рисунок вырезается при помощи специальных инструментов — резцов. В современной практике их обычно называют штихелями (§ 33). Рисунки, гравированные штихелем, отличаются чистотой и точностью контура. Затем точно, в соответствии с углубленным рисунком, на стали готовят отдельные фрагменты будущего узора из драгоценных металлов — золота, серебра или их сплавов. Все части делают или из одного металла (золота) или в соответствующей комбинации — часть деталей из червонного золота, часть из зеленого (сплав золота с серебром).

После того как отдельные детали композиции (завитки, листья, буквы и т. п.) изготовлены, каждую из них кладут в подготовленное для нее углубление и вбивают специальным небольшим молотком заподлицо с фоном. Работа заканчивается полированием всего изделия.

Примером такой врезной таушировки, где рисунок гравирован штихелем, может служить булатный щит азербайджанской работы XVI в. из Государственной Оружейной палаты. Щит богато украшен узором, скомпонованным в форме спиральных полос, заполненных растительным орнаментом, чередующимся с изображением людей и различных животных; фигуры трактованы в характере восточных миниатюр XV—XVI вв. Для набивки использовано золото двух цветов: желтое (чистое) и зеленое (сплав с серебром).

Технология вырубной техники, которая по своему конечному результату мало отличается от врезной, но значительно легче в исполнении. Здесь углубленный рисунок выполняется не штихелем, а зубилом-сечкой. Резать твердую булатную сталь штихелем очень трудно; рубить ее значительно легче и быстрее.

Однако рисунок, выполненный вырубной техникой, всегда несколько упрощен. Контуры его недостаточно четки, иногда угловаты. Чтобы устранить эти недостатки, золото не забивают заподлицо с фоном, а оставляют его несколько выше, местами и шире, направляя его в сторону фона. Золото как бы немного

Рис. 75. Булатный шишак азербайджанской работы
(XVI в., Государственная
Оружейная палата)



натекает в нужных местах на фон и тем самым исправляет недостаток в вырубленном рисунке и смягчает его.

Кроме того, при вырубной технике рисунок еще иногда отделялся чеканом, что придавало золотому узору, положенному выше фона и шире насеченного контура, особую пластичность и эффектность. Примером этой технологии может служить булатный шишак азербайджанской работы XVI в. из коллекции Государственной Оружейной палаты (рис. 75).

Набивная, или поверхностная таушировка (насечка) — технология, отличающаяся от врезной таушировки (инкрустации) тем, что для ее выполнения не требуется предварительно вырезать углубление под рисунок. Золото набивается непосредственно на поверхность изделия, которая предварительно насекается зубилом. Насечку делают или сплошной мелкой сеткой, или канавками и пунктирными штрихами в соответствии с линиями рисунка. Насечка ведется так, что поднимает края и образует острые заусенцы.

Инструментами для насечки служат специальные зубила. При сплошной насечке сеткой применяется плоское зубило длиной 80—100 мм, изготовленное из стального прутка квадратного сечения 3×3 мм или 4×4 мм. При пунктирной и штриховой насечке рабочий конец зубила затачивается остро на три грани.

На подготовленную тем или иным способом поверхность накладывается золото и набивается внасечку молотком. Узор из драгоценного металла может быть подготовленным заранее, как



Рис. 76. Шлем византийской работы [XII—XIII вв., Государственная Оружейная палата]

при инкрустации, но может укладываться из проволоки непосредственно в процессе его набивки — прямо с мотка. Эта технология проще по сравнению с врезной таушировкой; она менее трудоемка, однако также требует высокого мастерства и художественного вкуса. Различают следующие ее разновидности:

Ленточная таушировка (насечка). Это наиболее древний прием из набивной таушировки. Он относится к тем отдаленным временам, когда еще не умели волочить проволоку и вместо нее изготавливали тонкие полоски, отрезанные от раскованного золотого или серебряного листа. Ширина и толщина таких прямоугольных в сечении ленточек не превышала нескольких десятых долей миллиметра (0,2—0,3 мм).

Изготовление таких тонких золотых нитей указанным способом представляет значительную трудность. Примером ленточной таушировки может служить железный шлем византийской работы XII—XIII вв. из собрания Государственной Оружейной палаты (рис. 76). Весь конус шлема сплошь покрыт тончайшим кружевом, как бы сотканным из золотых и серебряных завитков. Каждый элемент и завиток орнамента изготавливались отдельно из тонких золотых и серебряных ленточек и набивались в сплошь насеченную мелкой сеткой поверхность стального шлема. Так же выполнены и фигуры в его нижней части. Этот прием требует огромного труда, но очень эффектен — рисунок кажется как бы написанным золотом и серебром.

Таушировка волоченой проволокой. Этот прием

применяется с XVI в. (со времени изобретения волоочильных станков). Он значительно отличается от ленточной таушировки не только способом изготовления проволоки, но и способом ее наложения на рисунок. При этом методе нет необходимости заготавливать элементы рисунка заранее, по частям. Проволоку укладывают непосредственно с мотка и обрезают ее после того, как определенный участок рисунка закончен. Закрепив конец проволоки ударом молотка в заусенцы насечки, ее прокладывают по линиям намеченного рисунка и прижимают в насечку при помощи специального зубила (подобного тому, каким насекается сетка, но несколько притупленного), все время вбивая проволоку в насечку молотком.

Проволока прокладывается в одну нитку или, в соответствии с узором, в несколько рядов, сплошь покрывая целые плоскости. Иногда рисунок вбивается заподлицо с фоном и располировывается, тогда отдельные нити трудно различить. Иногда проволока расплющивается несильно, и рисунок выступает тогда на поверхности невысоким рельефом. Толщина проволоки может быть различной — от 0,15—0,30 мм и толще, что придает также различный характер рисунку.

Листовая таушировка с рассечкой. Этот способ несколько напоминает инкрустацию. Здесь рисунок также, как и при инкрустации, вырезается целиком или по частям из листового металла, но подготовленного углубления под него не делается. Рисунок накладывается непосредственно на взъерошенную насечкой поверхность и вбивается молотком в заусеницы насечки. Для более плотного закрепления рисунка на изделии он дополнительно рассекается туповатым зубилом. Углубления от рассечки придают всей работе своеобразный характер. Такой прием применен на железном шлеме из Оружейной палаты, присланном в подарок русскому царю в 1637 г.

Таушировка с последующей наводкой (§ 37). Для того чтобы скрыть отдельные ряды проволоки и придать орнаменту большую слитность и цельность, применяется последующая наводка. Золотой амальгамой слегка наращивают рельеф, и это придает своеобразный эффект всему рисунку, как бы написанному кистью. Амальгама аккуратно накладывается по линиям рисунка и изделие нагревается для испарения ртути. Операция может быть повторена несколько раз для получения необходимого рельефа.

Кроме насечки золотом, серебром и драгоценными сплавами, применяют и обычные цветные металлы и их сплавы (медь, латунь и др.). В последнее время были проделаны опыты насечки рисунков на стали алюминнием. Алюминиевая проволока хорошо держится в насечке, легко полируется и образует красивый своеобразный по цвету светлый рисунок на темном стальном фоне, несколько напоминающий насечку серебром. Интересна в техно-



Рис. 77. Брошь из абрикосового дерева с насечкой мельхиором
(художник Н. Скубенко)

логическом отношении насечка серебром и мельхиором (никелевый сплав) по твердым породам дерева — самшиту, кизилу, абрикосу. Эта техника издавна применялась в аварском ауле Унцукуль (Дагестан) для декорирования различных бытовых изделий (седла, трости, шкатулки, полки и т. п.).

В настоящее время Унцукульская художественная фабрика, расширяя ассортимент изделий, применяет эту технологию и для ювелирных изделий. На рис. 77 изображена брошь из абрикосового дерева с насечкой мельхиором (худ. Н. Скубенко). Насечка по дереву осуществляется по тому же принципу, что и по металлу.

В художественном отношении насечка по дереву имеет большие возможности — тонкий, линейный рисунок из серебра или мельхиора хорошо сочетается с текстурой дерева.

§ 37. НАВОДКА

Золотая или серебряная наводка — очень древний способ нанесения слоя драгоценного металла на изделия из меди, бронзы, железа и других металлов. Этот способ называется также золочением или серебрением «через огонь». Для этого готовят золотую или серебряную амальгаму, т. е. раствор соответствующего металла в ртути. Для наводки следует применять только свежеприготовленную амальгаму. Для этого в графитовом тигле докрасна накаливают тонко прокатанные и мелко нарезанные листочки чистого золота (или серебра) и заливают их нагретой до 300° ртутью, взятой в восьми- или девятикратном количестве по весу, эту смесь перемешивают графитовым стержнем до полного растворения. Золотая (и серебряная) амальгама представляет собой тестообразную массу.

Полученную золотую амальгаму выливают в воду и после остывания отжимают лишнюю ртуть через замшу. Затем медной

Рис. 78. Двери Суздальского собора [фрагмент]
(XIII в.)



проволочной кистью ее наносят на подготовленное изделие, после чего его нагревают; при этом ртуть легко испаряется, а восстановленное золото прочно соединяется с изделием. Для того чтобы золото приобрело яркий желтый цвет, его намазывают специально приготовленным открасом и нагревают, открас сгорает. Изделие промывают, просушивают и, если нужно, полируют. Состав откраса, содержащего по одной части уксуснокислой меди, калийной селитры, железного купороса, поваренной соли, хлористого аммония (нашатыря), разводится хлебным квасом до густоты сметаны.

Этот способ золочения очень прочен и в прошлом широко применялся для золочения элементов архитектуры и декоративно-художественных изделий. Однако он имеет два существенных недостатка: во-первых, расход золота на единицу поверхности значительно выше, чем при других способах золочения, например гальваническом (см. раздел «Гальваностегия»); во-вторых, он чрезвычайно вреден для здоровья, так как пары ртути очень ядовиты.

Выделяется техника золотой и серебряной наводки по красной меди с применением черного лака. До нас дошло несколько памятников, выполненных в этой технике — большие входные двери Успенского и Благовещенского соборов Московского Кремля конца XV в.; две замечательные двери Суздальского собора XIII в., фрагмент одной из которых показан на рис. 78; Лихачевские двери (царские алтарные двери) Русского музея в Ленинграде и Васильевские ворота в Новгороде (см. фрагмент на рис. 79), а также отдельные пластины.



Рис. 79. Васильевские ворота из Новгорода [фрагмент]

Долгое время техника исполнения этих дверей была неясна. Только в 1945 г. в докладах по истории материальной культуры Академии наук Союза ССР появилась статья проф. Ф. Я. Мишукова, который разгадал эту технику и даже воспроизвел подобные фрагменты.

По мнению проф. Ф. Я. Мишукова, технология наводки сводится к следующему: хорошо отшлифованную пластину красной меди толщиной 1—3 мм покрывают лаком следующего состава (по частям): скипидара — 12, асфальта — 8, желтого воска — 4, сосновой смолы — 2. Обработанную пластину слегка подогревают и на теплую поверхность наносят лак — ровно, негусто, до золотистого тона.

Подготовленную поверхность коптят на пламени и получается густо-черная, как бы эмалевая ровная плоскость. Затем изделие просушивают на легком огне, следя за тем, чтобы лак не закипел. После этого стальной иглой наносят рисунок и ножами выскабливают его в виде пробелов, тонких контуров или сплошных светлых поверхностей. Выскабливание не должно быть глубоким, следует только начисто освободить медь от лака.

Когда рисунок закончен, пластину отбеливают. Раньше отбеливали раствором квасцов, клюквой и т. п. Однако лак легко выдерживает отбеливание и в слабом (5%-ном) горячем растворе серной кислоты. Отбелив предмет, его хорошо промывают и затем на влажную поверхность пластины наносят заранее приго-

товленную золотую амальгаму. Ртуть хорошо соединяется с чистой поверхностью красной меди и покрывает все линии рисунка ровным серебристым слоем. После этого пластину нагревают, ртуть испаряется, а золото восстанавливается и выступает ярким желтым цветом на черном фоне лака, накрепко соединяясь с медью.

В настоящее время проведены следующие опыты, в которых получены положительные результаты.

1. Вместо вредного ртутного способа золочения успешно применен обычный способ серебрения и золочения в гальванических ваннах. Однако при долгом нахождении изделия в золотом горячем цианистом электролите лак начинает разрушаться и отслаиваться; при серебрении в холодном электролите лак держится хорошо.

2. После нанесения лака на изделия из латуни и выскабливания рисунка чистая поверхность латуни, хорошо гармонирующая своим золотистым тоном с теплым черным фоном изделия, закрывалась бесцветным или слегка золотистым нитролаком. Выполненный такой техникой рисунок (без золочения) напоминает древнюю золотую наводку, описанную выше.

§ 38. ФИЛИГРАНЬ (СКАНЬ)

Филигрань (скань) — своеобразный вид художественной обработки металла, занимающий с глубокой древности важное место в декоративно-прикладном искусстве.

Термин «филигрань» — более древний; он произошел от двух латинских слов «филюм» — нить и «гранум» — зерно. Термин «скань» — русского происхождения. Он берет свое начало от древнеславянского глагола «съкати» — ссучивать, свивать, сучить.

Оба термина отражают технологическую сущность этого искусства. Термин «филигрань» сочетает в себе названия двух основных первичных элементов, из которых производятся филигранные изделия — это проволока и мелкие шарики, дополняющие проволочный узор.

Термин «скань» подчеркивает основную технологическую особенность, характерную для сканного производства, а именно то, что проволока применяется в этом виде искусства ссученной, свитой в шнуры, что придает сканным изделиям особую красоту и привлекательность.

Чем тоньше по сечению взята проволока и чем туже, круче она ссучена, тем красивее получается изделие. Особенно, если узоры также дополняет и «зернь» — этим термином в русском сканном производстве обозначали мельчайшие шарики. Однако термин «зернь» в современной практике почти утратился и сейчас мастера-сканщики чаще употребляют термин «кальнер» или «корнер» — от искаженного немецкого слова «корн» — что также обозначает «зерно».



Рис. 80. Золотой кубок
(Кавказ, второе тысячелетие до н. э.)

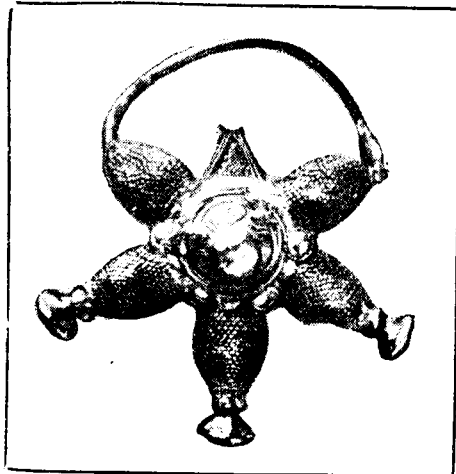
Наиболее древние памятники филигранного искусства, относящиеся ко второму тысячелетию до н. э., найдены в странах Передней и Малой Азии, в Египте, а также на территории СССР — на Кавказе, где в курганах по реке Цалке при археологических раскопках найдены золотое ожерелье и кубок, украшенные витыми шнурами и зернью (рис. 80).

Для наиболее древних произведений филигранного искусства характерно преобладание зерни, а гладкая или витая проволока встречается редко.

Изделия, декорированные зернью, характерны и для скифского искусства. Зернь также продолжает быть типичным мотивом и для сканных изделий X и XI вв. Такие изделия иногда почти сплошь покрывались мелкой зернью и на небольшом предмете, например на звездчатых колтах из с. Кресты (X в.) насчитывается до шести тысяч зерен диаметром не более 0,5 мм на каждом колте (рис. 81).

С XII в. в филигранни начинает преобладать проволочный узор, а зернь приобретает второстепенное значение. Орнамент строится из сученой проволоки главным образом в форме спиральных завитков. Однако все эти работы продолжают сохранять напайной, фоновой характер, т. е. узор наплавляется на листовую металл.

Рис. 81. Звездчатый колт с золотой зернью
(с. Кресты X в.)



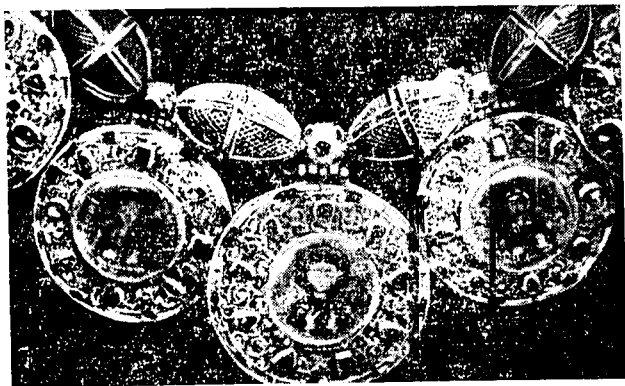


Рис. 82. Образец золотой филигрании и перегородчатой эмали из Старо-Рязанского клада

В XIII в. разнообразие сканных приемов быстро возрастает. Появляются ажурная и многоплановая (сложные) филигранные, а также рельефная. Особенное мастерство и виртуозность проявляется в образцах из Старо-Рязанского золотого клада (рис. 82).

К XIII и XIV вв. относится и золотая «шапка Мономаха», выполненная в сканной технике и украшенная камнями (рис. 83 и 84). Зернь к этому времени почти перестает применяться.

Татаро-монгольское нашествие (XIII—XIV вв.) надолго затормозило развитие русской культуры, в том числе и развитие русского филигранного искусства. Погибли опытные мастера и художники, утратились многие памятники сканного производства, оказались забытыми многие тонкие художественные и технические приемы филигрании — в частности утратился способ пайки мельчайшей золотой зерни, который лишь недавно вновь был открыт проф. Ф. Я. Мишуковым, который установил, что древние мастера применяли в качестве припоя ртуть. Она растворяла в себе золото, образуя амальгаму, а затем при нагревании ртуть улетучивалась и шарики прочно соединялись с фоном.

XV и XVI вв. характеризуются новым расцветом сканного искусства на Руси. Впервые история сохраняет нам имена искуснейших мастеров и художников, например имя скульптора-миниатюриста и замечательного сканщика-ювелира Амвросия (середина XV в.) или Ивана Фомина (возможно, ученика Амвросия), создавшего замечательную золотую сканную чашу.

В XVI и, особенно, в XVII в. скань становится полихромной. В композицию изделий включаются многие неметаллические материалы, искусно увязанные со сканью (эмаль, стекло, драгоценные камни, а также резное дерево и кость).

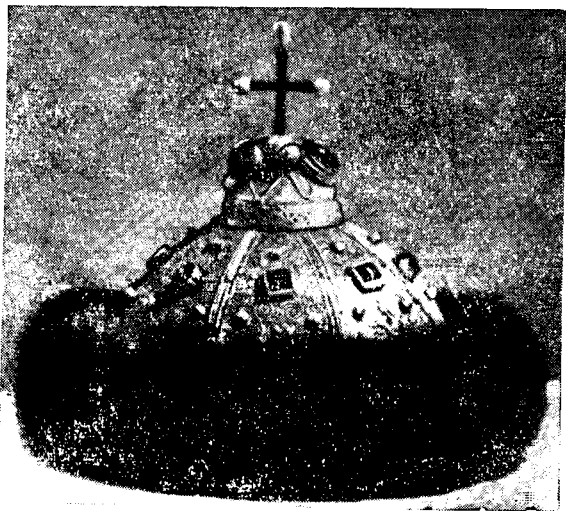


Рис. 83. «Шапка Мономаха»
[XIII—XIV вв.]

До XVII в. производство филигранных изделий сосредоточивалось в царских, княжеских или монастырских мастерских, где сканщики являлись и творцами-художниками и мастерами-исполнителями. В XVII в. появляются самостоятельные ремесленники, начинается выработка изделий, рассчитанных на более широкий круг потребителей. Появляется разделение труда, выделяются мастера-волоочильщики, которые осуществляют волочение проволоки и заготовку скани.

В XVIII и начале XIX в. наряду с уникальными крупными, ажурными изделиями часто с применением хрусталя и перламутра, получают распространение мелкие серебряные бытовые изделия — туалетные принадлежности, коробочки, вазочки и т. п. Как декоративный мотив вновь появляется зернь.

В конце XIX и начале XX в. филигранные изделия выпускаются уже крупными фабриками (Овчинникова, Рюкерта, Хлебникова, Сазикова и др.) в больших сериях и разнообразном ассортименте — это главным образом церковная утварь, дорогая посуда, туалетные приборы и т. п. Богатейшие декоративные возможности скани постепенно утрачиваются, художественные достоинства изделий тоже снижаются. Однако технологические приемы в этот период достигают высокого совершенства и профессионального исполнения и отличаются особой точностью и тонкостью.

Особенно характерен для этого времени расцвет рельефно-ажурной филигрании, применяемой для изготовления окладов на иконы, где из скани выполнялись одежда святых, а также элемен-

ты пейзажа: облака, деревья, скалы и т. п. К этому же периоду относится изобретение ажурной филигрانی с эмалью — так называемая «оконная» эмаль.

Возрождение сканного производства в нашей стране после Великой Октябрьской революции относится к концу 20-х годов. Перед филигранным искусством возникли новые задачи — увеличение ассортимента и количества выпускаемых изделий.

На современном производстве филигранные изделия изготавливаются от начала и до конца вручную или при помощи лишь несложных приспособлений, в этом специфичность сканной техники.

Главное отличие современного производства филигрانی от создания филигранных изделий в прошлом — не только технология, но прежде всего — организация труда, его разделение. Кроме того, все шире внедряется малая механизация и специальные приспособления, облегчающие и ускоряющие трудоемкие операции (сучение скани, пайки и др.).

В прошлом каждое изделие, от заготовки проволоки и до окончательной пайки и монтировки делал один высококвалифицированный мастер-филигранщик, причем он обычно являлся и создателем-художником — автором изделия.

В настоящее время весь технологический процесс разбивается на ряд отдельных операций. В зависимости от их сложности и ответственности они выполняются мастерами различной квалификации.

Весь технологический процесс производства филигранных изделий (независимо от его размера и сложности) включает следующие операции:

Подготовительные операции. Разработка шаблонов (рисунков) под филигрань производится следующим образом:

Проект филигранного изделия, выполненный художником, перед его выполнением в материале прежде всего разбивается на составные части, и для каждой объемной части вычерчивается

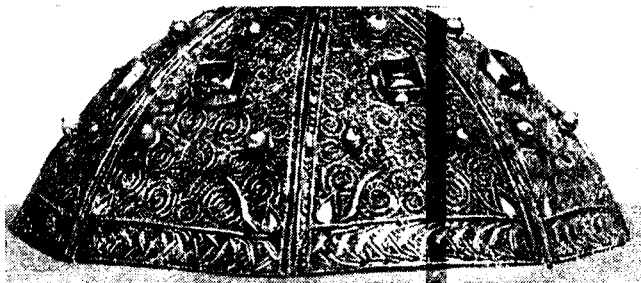


Рис. 84. Филигранный фрагмент «Шапка Мономаха»

развертка (для плоскостных изделий в этом нет необходимости). Затем весь рисунок разбивается на составляющие его элементы и для каждого элемента устанавливается толщина и вид проволоки (скань, гладь, шнурок). Особенно это важно для изделий, поступающих в серийное производство. Эта разработка или фиксируется в чертеже, или непосредственно в образце, выполненном в металле.

Следует заметить, что сложный по конфигурации орнамент необходимо разбивать на серию простейших элементов. Чем проще и короче отрезок проволоки, тем легче его подогнать к соответствующему участку контурной линии рисунка, а в целом верно и точно набрать весь рисунок. Выгибать из проволоки сложные и длинные профили нецелесообразно. Значительно проще их составить из отдельных отрезков простой конфигурации. Кроме того, это значительно ускоряет процесс изготовления, а места стыка при плотной установке отдельных элементов после пайки совершенно незаметны и не портят общего вида рисунка.

Заготовка скани. Материалами для изготовления скани служат чистые металлы: золото, серебро, медь. Их сплавы для этой цели обычно не применяются по двум причинам: во-первых, сплавы обладают меньшей пластичностью и вязкостью, они более жестки и упруги. Это затрудняет волочение проволоки, ее сучение и набор скани. Во-вторых, температура плавления сплавов ниже, чем у чистых металлов. Это, в свою очередь, затрудняет пайку изделий. Однако иногда по экономическим соображениям при работе из драгоценных металлов допускается заготовка скани из золота 958 пробы и серебра 916 пробы. Но такая скань трудна в работе. Исключение составляет плавка зерни, которую можно изготавливать из сплавов указанных проб (и даже ниже), а для медных сканных работ зернь иногда плавят из латуни.

Скань изготавливается из проволоки, если она не соответствует по толщине сечению, указанному на чертеже (или образце), — ее протягивают через соответствующий фильер (см. раздел «Волочение»), после чего она ссучивается и плющится в вальцах. Ссучивание (свивание) скани раньше осуществлялось на скальнице — примитивном приспособлении, приводимом во вращение рукой, на что тратилось немало времени.

В настоящее время скань сучат на быстровращающемся шпинделе мотора или любого механизма, обеспечивающего быстрое вращение (электродрель, станок и т. п.).

Скрутка скани не должна быть слабой. Обычно необходимая степень свивания филиграни достигается в два приема, в интервале между которыми проволока отжигается, чтобы придать ей необходимую мягкость и пластичность.

Скань заготавливается из отожженной проволоки, отбеленной в 5% растворе серной кислоты, промытой и высушенной. Ссучен-

ная скань прокатывается в плоских вальцах и вновь отжигается, отбеливается, промывается и сушится. Такая скань готова к употреблению. Степень плющения скани может быть различна — от едва заметной до сильной. Чем шире, сильнее развальцована скань, тем прочнее будет изготовленное из нее изделие, так как поверхность пайки соответственно увеличивается.

Кроме сученой скани, применяется и гладкая вальцованная (или круглая) проволока — так называемая «гладь», которая в сочетании со сканью значительно обогащает рисунок.

Кроме того, проволочным элементом являются шнуры, различающиеся по толщине и рисунку. Их готовят различными приемами. Простейший шнурок вьется так же, как скань — из двух проволок, но не вальцуется и в своем сечении он остается круглым. Более сложные по структуре шнуры сучат из трех или четырех проволок. Еще более замысловатый рисунок приобретает шнурок, если свитый из двух проволок он складывается вдвое и вновь сучится. Причем в зависимости от того, в какую сторону повторно свивается шнурок, его рисунок различен. Своеобразный характер приобретает шнурок, свитый из двух проволок различной толщины.

Еще более сложный рисунок, значительно обогащающий сканные работы, имеет «плетенка», которая плетется как коса из трех (или более) проволок вручную. Плетенки заготавливаются короткими отрезками, так как плетение из длинных проволок очень затруднительно — они путаются. Своеобразным декоративным элементом скани является «струнцал». Его изготавливают по принципу производства «кантели», путем навивания тонкой по сечению проволоки на более толстую так, чтобы виток плотно ложился к витку. В сочетании со шнурами и сканью гладкие линии, очерченные струнцалом, очень эффектны.

Одним из очень красивых элементов сканных работ является также зернь (мелкие шарики). Они значительно дополняют и обогащают линейный рисунок, выполненный из проволоки, напоминая жемчужные обниси в шитье. Зернь готовится следующим образом. Для того чтобы все зерна были одинаковыми по диаметру, необходимо проволоку нарезать на равные кусочки. Для этого тонкую проволоку навивают спиралеобразно (виток к витку) на «ригель», т. е. гладкий цилиндрический стальной стержень. Полученную спираль снимают с ригеля и разрезают на отдельные витки (колечки). Затем смешав такие заготовки (колечки) с угольным порошком, нагревают их в муфеле до оплавления.

Колечки, разделенные друг от друга угольным порошком, сплавляются в точные круглые шарики одинакового размера. При небольших заготовках зернь можно оплавлять на листовом асбесте или куске древесного угля. Если хотят получить правильные полушары, то заготовленные колечки оплавливают, положив

их на листовую слюду. Нижняя часть такого шарика, которая обращена к слюде, будет плоской.

Набор скани. Процесс набора скани по рисунку состоит из двух операций: первая — это выгибание каждого элемента рисунка из соответствующей проволоочной заготовки (скани, глади или шнура) и вторая — установка такого элемента на соответствующее место и закрепление его клеем. Наиболее целесообразно предварительно заготовить все детали рисунка (завитки, колечки, овалы и т. п.), а затем устанавливать их на место. Работа ведется при помощи пинцетов специальной формы — так называемых корнцангов, представляющих собой сложенную вдвое стальную полосу шириной от 10 до 15 мм и толщиной от 1 до 2 мм. Общая длина пинцета составляет от 100 до 150 мм и подбирается мастером по руке; концы пинцета коротко заострены и слегка согнуты внутрь. Мастер работает пинцетом, держа его в правой руке, а свободный конец проволоки придерживает указательным пальцем левой руки. Эту работу проводят на специальной, ровной металлической пластине (из цинка или алюминия) размером 150 × 200 мм и толщиной 2—3 мм.

В современных условиях при серийном производстве изделий для заготовки отдельных элементов рисунка применяются различные приспособления: для навивки колечек используют ригели — гладкие отрезки стальной проволоки различной толщины от 0,5 мм в диаметре до 10 мм (а иногда и толще). Для формовки зубчиков (для кастов или фона) — специальные зубчатые вальцы. Проволока, пропущенная через такие вальцы, приобретает разномерные зубчатые изгибы. Тот же результат, но с закругленными и несколько склоненными в одну сторону зубцами, можно получить, если расплющить навитую на тонкий ригель и слегка растянутую спираль.

Более сложные конфигурации (лепестки розеток и др.) получают при помощи плоскогубцев, рабочие концы которых специальным образом запиливаются. Применяются также специальные прессформы, в которых формуются более сложные элементы. Для резки скани служат ножницы или специальный короткий небольшой нож, снабженный деревянной рукояткой.

Из приготовленных первичных элементов производят набор рисунка и установку его на клей. Можно различить четыре способа набора скани, в зависимости от ее вида (и разновидности):

Напайная скань (фоновая) (рис. 85) — для плоских изделий. В этом случае рисунок переводится на подготовленную (отожженную, отбеленную, промытую и высушенную) заготовку из листового металла (золота, серебра, красной меди), по толщине, размерам и конфигурации соответствующую рисунку и предназначенную для фона.

Набор начинается или с установки главных, наиболее крупных элементов композиции выполняемых из толстого шнура, или,

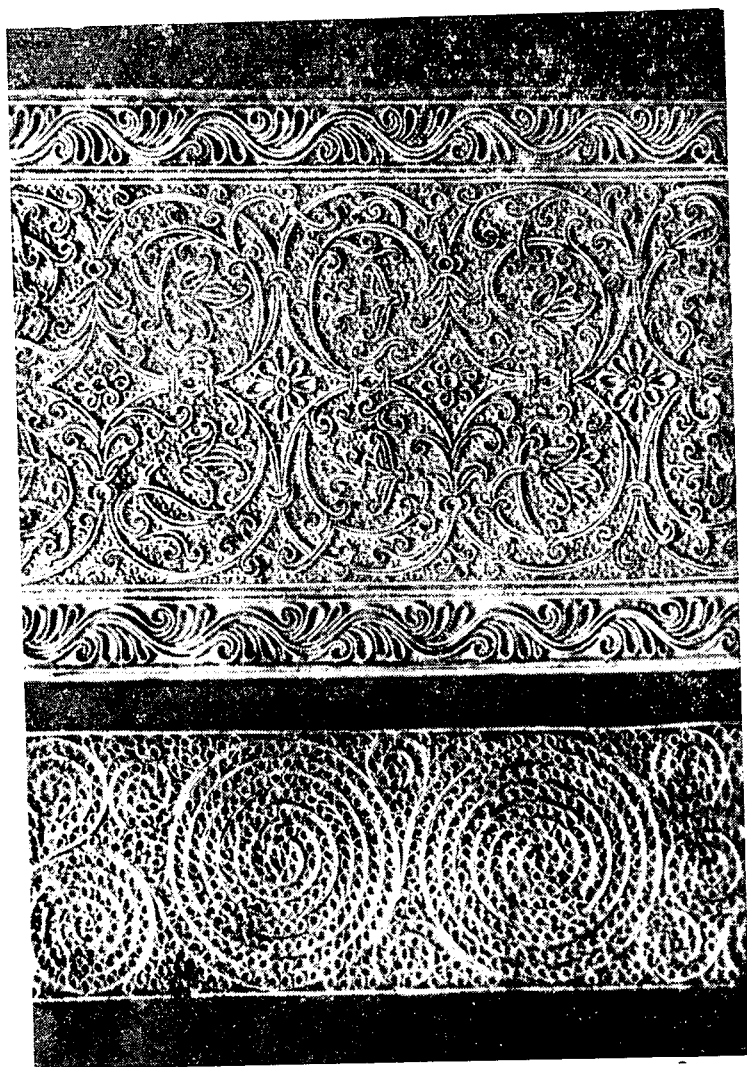


Рис. 85. Фоновая скань

наоборот, с рамок по контурам рисунка; если в композиции предусмотрены драгоценные камни, — то с определения мест под касты. Затем ставятся второстепенные элементы рисунка из более тонкой проволоки (скани или глади) и, наконец, самые тонкие и мелкие детали, заполняющие рисунок. Набор заканчивается установкой зерни.

Раньше набор скани осуществлялся на столярный или вишневый (камедь) клей. Каждую деталь требовалось смазать клеем и установить на соответствующее место, что требовало много времени. Сейчас в качестве клея применяют нитролак. Работа значительно упрощается и сводится к следующему: после укладки на место нескольких первичных элементов рисунка (завитков, колечек) на них сверху наносится капля лака; она расплывается по рисунку, обволакивая проволоку тонким слоем, быстро высыхает и прочно приклеивает скань к фону.

При наборе плоских фоновых изделий необходимо следить за тем, чтобы детали были плоскими и лежали на фон ровно всеми своими точками, по всей плоскости. Это обеспечивает их надежную пайку с одного раза. Желательно также, чтобы все детали плотно прилегали друг к другу, особенно в тех местах, где они сопрягаются встык. Это обеспечивает наибольшую сохранность рисунка от искажения в процессе пайки и делает места стыков незаметными.

Нельзя допускать также отставания от фона и поднятия отдельных элементов или участков скани над общим уровнем, так как при пайке они легко могут сгореть. При наборе зерни (шариков) целесообразно под каждое зерно класть колечко или канфарить фон, т. е. ударом острого чекана намечать место для каждого зерна. Это облегчает набор и увеличивает его точность и соответствие рисунку, так как в этом случае шарики не катаются по фону, а хорошо фиксируются на своих местах. Кроме того, при наборе зерни по канфарнику или на кольцо значительно возрастает прочность пайки шарообразной зерни за счет увеличения поверхности спайки.

Если по рисунку колечки не предусмотрены, то можно употреблять зернь, сплавленную на слюде (полушаровидную). В тех случаях, когда зернь расположена как жемчужная обнизь — в одну линию, целесообразно ее набирать между двух тонких параллельных проволок.

Набор объемных фоновых филигранных изделий. Набор скани производят на предварительно выдавленные, штампованные (или дифованные от руки) объемные формы — цилиндры, конусы, шаровые поверхности, или на более сложные формы — цветы, листья, изображения животных и т. п. Набор на объемную форму или рельеф значительно труднее по сравнению с набором на плоскость, так как элементы рисунка приходится предварительно изгибать по форме, чтобы они плотно прилегали

Рис. 86. Ажурная скань (фрагмент) из различных элементов



к фону. Поэтому при изготовлении цилиндрических или конусных изделий (имеющих одну кривизну) часто пользуются набором скани на плоские развертки этих фигур, а после пайки филиграни на фон из такой развертки цилиндр или конус свертывают. Однако такой прием неизбежно ведет к некоторой деформации и искажению рисунка, особенно если его элементы крупны и набраны из толстой или сильно развальцованной скани. Изделия, имеющие двойную кривизну, например шар, этим приемом изготовить нельзя, так как они не имеют плоских разверток.

Набор плоской ажурной филиграни. Этот набор производится при помощи нитролака на писчую бумагу (раньше, также как и для фоновой филиграни, применяли столярный клей). Для этого рисунок переводится на бумагу и набор проводят также, как и на листовой металл. Однако в этом случае плотность набора играет особенное значение, так как при пайке детали рисунка должны прочно спаяться только между собой, поскольку фон отсутствует. На рис. 86 показан правильно и очень плотно выполненный набор ажурной скани и различных элементов. Неплотный набор приводит обычно к высыпанию отдельных,

не спаявшихся элементов, что значительно усложняет работу, так как требует вторичной вставки их на место и вторичной пайки.

Не следует брать слишком толстую бумагу, так как при пайке она сгорает неравномерно и деформирует рисунок. Кроме того, от толстой бумаги образуется много золы, которая затрудняет процесс пайки. Нельзя также применять вместо писчей бумаги кальку или восковку.

Набор объемной ажурной филигрانی. Этот набор производится на специальные шаблоны из малоуглеродистой стали. Лучшим материалом для этого служит черный декапир толщиной 0,5—0,8 мм или обычное кровельное железо. Шаблоны изготавливаются вручную — методом дифовки или на давальном станке. Они должны быть цельными, без паяных швов; монтированные шаблоны не годятся, так как в процессе пайки филигрانی, которая производится на шаблоне, швы на нем могут распаяться и испортить работу. Набор на стальные шаблоны производится так же, как и при объемной фоновой филигрانی, с той лишь разницей, что после пайки ажурная филигрань к шаблону не припаивается и легко с него снимается.

Часто ажурные объемные изделия и рельефы изготавливают иначе. Набор производят на плоскость, а затем после пайки из плоской ажурной заготовки дифуют необходимый объем. Плотный набранный и хорошо пропаянный ажур хорошо дифуется и легко принимает весьма сложные формы, в том числе и с двойной кривизной. Так например, ажурный шар можно изготовить из двух кружков — розеток. Из каждой дифуют полушар, а затем их спаивают вместе по периметру большого круга.

Раньше, кроме объемных изделий (кубков, ваз и др.), которые выполнялись этим способом, им широко пользовались для изготовления сканных окладов на иконы, где из тончайшей скани и зерни благодаря высокому мастерству создавались иллюзии одежд с направлением и формой складок, узора на ткани в сокращении и т. п.

Сложность этой работы заключается в том, что еще при наборе скани на плоскости необходимо предусмотреть все «припуски» к рисунку, которые позволят создать при дифовке и чеканке соответствующую барельефную форму с учетом как реальных, так и иллюзорно-перспективных сокращений. Это требует от мастера большого профессионального навыка и глазомерного расчета.

Для большей прочности к полученному рельефу с тыльной стороны подплавляется специальный каркас из полос различной формы и конфигурации, смотря по рисунку. Большие сложные композиции собираются из деталей, каждая из которых выполняется и спаивается отдельно. Монтировка готовых деталей между собой производится также на припой или, если детали имеют различную отделку (серебрение, золочение) после их отделки на специальные кламеры, на винтах.

Пайка филигранных изделий. Изделия, набранные на столярном клее, перед пайкой требуют обязательной обвязки тонкой железной проволокой — биндрой, так как столярный клей от нагревания вспучивается, кипит и загорается. При этом отдельные мелкие детали оказываются не скрепленными между собой и могут рассыпаться. При обвязке фоновой филигрании биндру укладывают так, чтобы каждая деталь хотя бы один раз попала под виток биндры и была прижата к фону.

При пайке ажурной филигрании, набранной на бумагу, ее привязывают к пластине из мягкой листовой стали толщиной 0,5—0,8 мм (или кровельное железо) несколько большего размера по сравнению с набранным рисунком и предварительно натертой мелом, чтобы филигрань не припаялась к ней.

При наборе на нитролак обвязка обычно не применяется, так как нитролак удерживает детали до момента пайки и, сгорая почти мгновенно, не дает изделию рассыпаться. Однако сложные объемные изделия, набранные и на нитролаке, необходимо связывать.

Для пайки филигрании применяются специальные припои следующего состава (табл. 21).

Таблица 21

Изделия		Состав припоя в частях				
		медь чистая	проба серебра			золото чистое
			875	916	чистое	
Медное		1	2	—	—	—
Серебряное	без эмали	1	4	—	—	—
	под эмаль	5	—	16	—	—
Золотое	без эмали	—	—	—	3	8
	под эмаль	—	—	—	1	4

Припой употребляется в виде опилок. Для этого слиток припоя посредством личного напильника превращают в опилки. Затем магнитом из измельченного припоя удаляют кусочки железа, которые попадают туда от напильника. Очистку припоя магнитом производят обязательно, так как кусочки железа от напильника

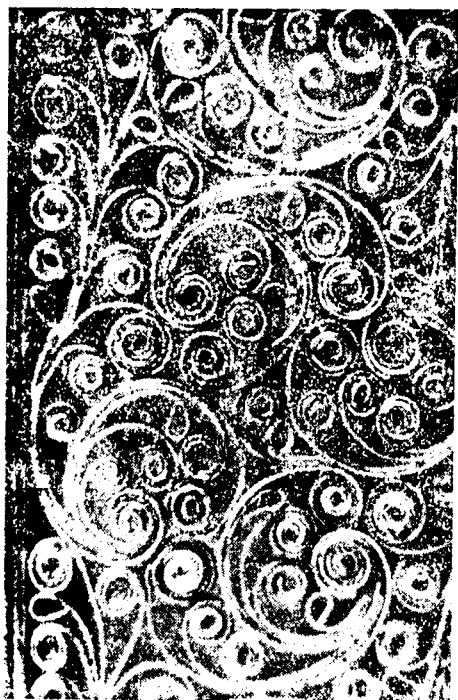


Рис. 87. Ажурная скань (фрагмент) из завитков

вместе с припоем, попадая на скань, заплavляются в ней и остаются незаметными до отбеливания готового изделия в слабом растворе серной кислоты. При этом железо, реагируя с кислотой, образует красно-бурый нацвет на скани, трудно удаляемый и затрудняющий дальнейшую отделку изделия.

В качестве флюса при пайке применяется бура. Прокаленную и мелкоизмельченную буру смешивают с припоем в отношении 1 : 1 по объему. Подготовленное к пайке изделие смачивают водой (лучше слабым раствором буры) и на мокрую поверхность посыпают не очень густо заготовленную смесь припоя с бурой.

Если припоя взято мало, то могут оказаться непропаянные места и изделие будет недостаточно прочным. Избыток припоя также нежелателен, так как лишний припой заливает фактуру шнуров и скани, мелкие детали рисунка и портит внешний вид изделия.

На рис. 87 показан фрагмент ажурной скани, правильно (плотно) набранной и хорошо спаянной. Припой нигде не залил рисунок.

Пайку филиграни лучше всего производить широким, мягким, коптящим, восстановительным пламенем керосина. Температура сгорания копоти почти совпадает с температурой плавления

припоя (800—850°). Пайка идет быстро и очень чисто. Применение бензинового пламени тоже дает хорошие результаты, однако если пламя узкое («режущее»), можно сжечь изделие.

Раньше необходимую температуру пламени получали посредством специальной медной трубки — «февки», через которую вдували воздух в пламя керосиновой лампы. Непрерывное дутье требовало от мастера большого навыка и, кроме того, было очень изнурительно.

В настоящее время дутье осуществляется от компрессора или при индивидуальном пользовании — от мехов с ножным приводом.

Применять ювелирные припои, содержащие цинк, для пайки филигранный нельзя, так как при повторных пайках цинк растворяет тонкие детали узора, а на более толстых проволоках остаются глубокие раковины, что представляет собой трудный исправимый брак. Испорченные детали приходится вырезать, а на их место набирать и впаивать новые. После пайки изделие проверяют и, если окажутся непропаянные участки (из-за недостаточно плотного набора), их исправляют и пропаивают еще раз.

После этого изделие отбеливают в горячем пятипроцентном растворе серной кислоты. Отбеливание должно быть проведено очень тщательно, до полного удаления мало заметных стекловидных следов флюса (буры). Буря сильно мешает последующей гальванической отделке изделий (серебрению и золочению), так как золото и серебро не осаждаются на те места, где остались пленки буры, и они ясно выступают розоватым цветом на золотом или серебряном фоне предмета.

В зависимости от технологических особенностей изготовления филигранных изделий, различают большое разнообразие ее видов и разновидностей, которые обычно имеют следующие названия:

Напайная филигрань (скань) — обработка металла, когда узор из проволоки (гладкой или сученой), а также зернь наплавляется непосредственно на листовой металл. Напайная филигрань имеет следующие разновидности:

а) фоновая или глухая филигрань — это простейший случай, когда производят напайку филигранного узора на листовой металл (см. выше рис. 85), при этом иногда фон дополнительно канфарится;

б) просечная или выпильная филигрань — прием, когда после пайки узора фон удаляется либо просечкой, либо выпилкой;

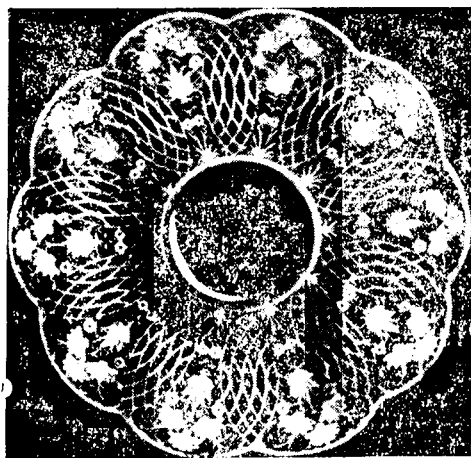
в) рельефная филигрань по чеканке — сканной узор наплавляется на заранее подготовленный чеканный рельеф;

д) напайная филигрань с эмалью или перегородчатая эмаль (см. раздел «Эмаль») — прием, когда после пайки скани все пространства между перегородками, образованными сканью, или их часть заполняются цветной эмалью (рис. 88).



Рис. 88. Скать с эмалью
[современная работа]

Рис. 89. Филигранная сухарница
[современная работа]



Ажурная филигрань — узор, состоящий из элементов, выполненных из проволоки. Эти элементы спаиваются только между собой, без фона, образуя как бы кружево из металла, а применяемая в этом случае зернь напаявается на это кружево. Ажурная филигрань имеет следующие разновидности:

а) плоская ажурная филигрань — весь предмет представляет собой плоское (двухмерное) кружево, образованное проволочными деталями, спаянными между собой в одной плоскости (рис. 89);

б) ажурная филигрань с эмалью или «оконная» эмаль (см. раздел «Эмаль») — проемы, ячейки между сканными деталями заполнены прозрачной, просвечивающей эмалью, образуя как бы миниатюрный цветной витраж;

в) скульптурно-рельефная ажурная филигрань — изделие представляет собой скульптурный, трехмерный рельеф (иногда горельеф), образованный из ажурной филигрании;

г) многоплановая или сложная филигрань — сканный узор состоит из двух или многих планов, напаянных один

на другой, т. е. на нижний узор, служащий как бы фоном, накладывается и припавается новый рисунок, лежащий в другой плоскости; на нем может быть построен третий план и т. п. и изделие приобретает трехмерный характер.

Объемная филигрань — объемные предметы, выполненные сканной техникой: вазы (рис. 90), кубки (см. ниже рис. 118), ларцы (рис. 91), изображения зверей, птиц, архитектурные формы и т. п. Такие изделия изготавливаются из отдельных частей, которые затем монтируются в целую композицию.

Отдельные элементы предварительно изготавливаются по их разверткам какой-либо одной или несколькими видами сканной техники, описанной выше. Изделие может быть выполнено из напайной филигранны (фоновой) с эмалью или чеканкой, или из ажурной филигранны простой или многоплановой (сложной) и т. п.

Иногда в одном предмете умело используется несколько разновидностей филигранны — ажурные детали чередуются с фоновыми, дополнительно украшенными чеканкой, драгоценными камнями и эмалью (рис. 92). Это придает особое богатство и красоту всей композиции в целом.

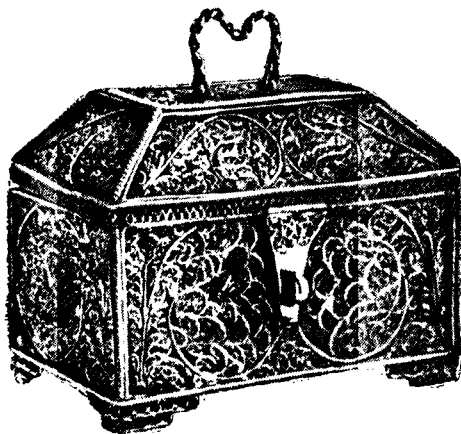
Большое разнообразие видов и приемов филигранной техники проявилось не сразу. Они сложились в течение многовекового развития сканной техники.

Филигранные изделия могут быть репродуцированы посредством литья и гальванопластики (см. соответствующие разделы). Попытки повторять филигрань при помощи штампов также дали более или менее удовлетворительные результаты. Однако все эти приемы позволяют повторить только фоновую, глухую напайную филигрань. Попытки воспроизвести ажурную филигрань посред-



Рис. 90. Филигранная ваза
(современная работа)

Рис. 91. Филигранный
ларец-сундучок
(XIX в.)



ством специально изготовленного штампа хотя и дали некоторый результат, но они очень неточно воспроизводят оригинал и, кроме того, экономически не рентабельны ввиду высокой стоимости и непрочности таких просечных многопуансонных штампов. Иногда сученую скань заменяют нарезной проволокой, но это снижает художественные достоинства произведений.

Рис. 92. Серебряная филигранная застежка
(XVIII в.)



§ 39. ГОРЯЧАЯ ЭМАЛЬ

Эмаль (финифть) представляет собой тонкий слой легкоплавкого стекловидного расплава, который имеет различные цвета. Она наносится в порошкообразном состоянии на поверхность изделия и сплавляется непосредственно на нем путем нагрева изделия. Эмаль, кроме декоративных качеств, обладает также защитными, антикоррозионными свойствами. Она отличается большой стойкостью не только против атмосферных влияний, но и против воздействия химических реагентов — кислот, щелочей, газов и т. п. Эта стойкость позволяет использовать эмали в архитектурных сооружениях, работающих в условиях экстерьера.

Некоторые из окислов, входящих в состав эмали, например окиси свинца, калия, натрия — увеличивают ее легкоплавкость, но в то же время делают эмаль менее стойкой против внешних условий; другие — окиси кремния, алюминия и магния — наоборот, увеличивают прочность эмали и ее тугоплавкость.

По современным взглядам, эмаль представляет собой соли кремниевой кислоты.

Различают эмали прозрачные и глухие. Глушение осуществляется добавкой в шихту окиси олова или трехокси мышьяка. Глушителями прозрачности эмалей являются также соединения фтора, фосфорная кислота и др.

Обычно для получения цветных эмалей (прозрачных или глухих) сначала готовят основной сплав, а затем к этому бесцветному сплаву добавляют различные красящие окислы металлов и вновь их переплавляют. Примером такой основы для современных ювелирных цветных эмалей может служить бесцветный сплав состава (табл. 22), выраженный в процентах.

Таблица 22

Компоненты	Для прозрачных эмалей	Для глухих эмалей
Окись свинца	43,24	52,0
Окись кремния	39,36	30,0
Окись калия	15,62	6,9
Окись бария	0,42	1,8
Окись натрия	0,18	0,8
Трехокись мышьяка	1,11	8,5
Трехокись сурьмы	0,07	—

Для получения цветных эмалей пользуются красящими окислами металлов, которые добавляются к основе в различных пропорциях (табл. 23).

Кроме приведенных в табл. 23, применяются также и другие красители.

Красящие вещества	Получаемый цвет эмали
Оксид железа в комбинации с другими соединениями Оксид марганца Оксид меди Металлическая медь Закись - оксид кобальта Закись в смеси с другими оксидами Оксид хрома Хромовокислый свинец и хром-пик Хромистый железняк Комбинации оксидов: хрома, кобальта, олова, калия Титановая кислота Трехокись сурьмы Оксид никеля Оксид иридия Соединения золота Оксид олова Оксид олова вместе с фосфорнокислой медью Соединения серебра Водная окись железа	Желтый, красный, коричневый, серый, черный, различных оттенков Фиолетовый, коричневый, серый, черный Гамма сине-зеленых цветов Рубиново-красный (медный рубин), а также рубин с переходом в розовый и лиловый. Серый и бирюзовый Синий различных оттенков, голубой Фиолетовый, серый, черный Зеленый, оранжевый, желтый, красный Розовый, яркокрасный, коричневый Черный, коричневый Сиреневый и цвета «гвоздики» («пинки») Желтый Желтые и оранжевые тона Серый и коричневый Черный Различные оттенки красного от розового до пурпурового и фиолетового (золотой рубин) Молочно-белый, заглушающий прозрачность Бирюзово-лазурный Желтый Охристый

Требования, предъявляемые к художественным эмалям:

- 1) легкоплавкость (в пределах до 800°, а для алюминия — до 600°);
- 2) химическая устойчивость в процессе отбеливания (15-процентный раствор серной кислоты);
- 3) хорошая кроющая способность;
- 4) прочность соединения эмали с металлом;
- 5) яркий, чистый цвет;
- 6) блеск эмали.

Весь процесс эмалирования можно разделить на четыре этапа:

1. Подготовка изделия под эмаль.
2. Наложение эмали.
3. Обжиг эмали и отделка изделия.

Подготовка изделия под эмаль. Этот процесс заключается в очистке металла от различных загрязнений, окисных пленок и т. п. Обычно это производится путем механической очистки на крацовочных щетках с последующим обезжириванием и травлением изделия в азотной кислоте или отбеливанием в слабом растворе серной кислоты;

При эмалировании медных предметов очищенное изделие подвергают нагреву в печи до тех пор, пока на поверхности металла не появится тончайшая пленка окисла, возникающая от соприкосновения горячего металла с кислородом воздуха. Эта пленка очень прочно соединена с металлом и способствует прочному соединению эмали с металлом. Обработанное таким образом медное изделие вынимают из печи, дают остыть, после чего приступают к наложению эмали.

Наложение эмали. Прежде всего эмаль необходимо превратить в порошкообразное состояние. Порошок должен быть достаточно мелким, до 0,01 мм, так как крупные частицы трудно распределять ровным слоем по поверхности металла, однако очень тонкое раздробление эмали тоже нежелательно, потому что после обжига на таких эмалях образуются мутные пятна (особенно это относится к прозрачным эмалям). Очень важно, чтобы величина зерен в размолотой эмали была бы приблизительно одинакова; при неоднородности зерен мелкие из них плавятся гораздо скорее и успевают уже выгореть, пока начнут плавиться наиболее крупные, в результате чего цвет эмали становится тусклым, а иногда и грязным (особенно при прозрачных эмалях).

Для удаления чрезмерно мелких (пылевидных) частиц, образующихся при размалывании эмали, пользуются обычно водой. Размолотая эмаль несколько раз промывается в воде — крупные частицы быстро оседают на дно, а мелкие, пылевидные, в виде мути сливаются. Размалывание эмали в условиях крупных производств осуществляется на шаровых мельницах, а в лабораториях — путем толчения в ступках, причем последние должны быть сделаны из прочных материалов — яшмы, агата.

Существует два способа наложения эмали на изделия: ручной и машинный.

Ручной способ заключается в следующем: размолотую эмаль размешивают с водой и в виде кашицы накладывают на изделие при помощи кистей или специального инструмента — узкого металлического шпателя. Для разравнивания слоя эмали изделие слегка встряхивается. Ручной способ обычно применяется при наложении эмали на небольшие поверхности сложных конфигураций и профилей, например в ювелирном деле.

Машинный способ применяется для эмалирования больших плоских поверхностей. Толченую, хорошо просеянную и размешанную с водой эмаль наносят на поверхность при помощи специального аэрографа, следя, чтобы слой был равномерным и

не толстым. При эмалировании плоских поверхностей эмаль одновременно наносится на обе стороны пластины. Эмаль, нанесенная на обратную, левую сторону изделия, называется контрэмалью; она служит для предотвращения коробления изделия, которое возникает вследствие различного коэффициента расширения эмали и металла.

Значение коэффициента расширения эмали очень велико. Он должен по возможности соответствовать коэффициенту расширения металла или сплава, на который накладывается эмаль, в противном случае при остывании эмаль будет отслаиваться от изделия, несмотря на всю тщательность соблюдения технологического процесса. Отслаивание наблюдается и в случае, если коэффициент расширения эмали больше, чем у металла, и в случае, если коэффициент расширения эмали меньше, чем у металла.

После наложения эмали изделие тщательно просушивается, иначе при обжиге эмали оставшаяся вода закипает и изделие получает брак в виде пузырей, пустот и т. п. Желательно, чтобы обжиг эмали производился непосредственно после ее наложения, так как необожженная эмаль очень хрупка и непрочна, чтобы предотвратить осыпание необожженной эмали, в нее добавляют крепители (клеющие вещества) — декстрин, мочевины и др. При наложении эмали очень важно соблюдать абсолютную чистоту, так как пыль, грязь и другие случайные вещества, попавшие в эмаль, изменяют цвет, делают ее мутной и грязной.

Обжиг эмали и отделка. Обжиг эмали требует температуры нагрева 600—800°. Для этого следует применять электрические печи с открытыми спиралями. Такие печи очень производительны и экономичны. Мелкие ювелирные изделия помещаются в обычные электрические муфеля лабораторного типа с закрытой обмоткой.

Для обжига эмали можно пользоваться и газовым пламенем, и другими источниками тепла. Однако во всех случаях пламя не должно соприкасаться с эмалевой поверхностью, так как копоть, попадая в эмаль, может испортить изделие. Поэтому обычно при нагреве открытое пламя направляют на обратную левую сторону изделия.

Различные эмали обычно обладают различной температурой плавления. Поэтому прежде чем приступить к наложению эмали на изделие, необходимо проверить, как велик температурный диапазон плавления наиболее легкоплавких и тугоплавких эмалей. Для этого на небольшую пластину из того же металла, из которого выполнено изделие, накладывают все подлежащие испытанию эмали и, просушив, начинают нагревать. Если диапазон, в течение которого расплавятся все эмали, невелик, то можно приступить к наложению эмалей на изделие. Однако иногда в результате пробы обнаруживается, что легкоплавкие эмали выго-

рают при температуре плавления тугоплавких эмалей. В этом случае одни из них или совсем исключают из производства, или изменяют технологию обжига — сначала накладывают и обжигают все тугоплавкие эмали, а затем добавляют недостающие цвета легкоплавких эмалей и обжигают их еще раз при более низкой температуре.

При обжиге эмали изделие нагревается до красного каления. До обжига поверхность эмали имеет шероховатую, тусклую структуру. По мере нагревания поверхность выравнивается, сливается и приобретает стекловидный блеск. Как только появляется блеск, нагрев прекращается и изделие постепенно остывает. Если после первого наложения и обжига эмали на изделии обнаруживаются незначительные дефекты — трещины, пузыри, обнаженные места металла, то они исправляются повторным наложением эмали с последующей просушкой и обжигом. После обжига изделие окончательно отделяют.

При отделке изделия отбеливают металлические части (свободные от эмалевого слоя), которые в результате обжига покрываются окалиной. Отбеливание производится в слабом растворе серной кислоты (не выше 15%), так как некоторые эмали, не стойкие к кислотам, могут потускнеть и потерять яркость и блеск. Раньше для отбеливания эмалей с большим содержанием свинца применяли органические вещества, не действующие на эмаль (квас, клюкву и др.). Дальнейшая отделка изделий выполняется обычными способами (см. раздел IV).

Классификация эмалей

Существует большое разнообразие эмалей. Как уже известно, они различаются как по составу эмалевого массы, так и по технологическим особенностям подготовки металлической основы под эмаль.

В одних случаях художественный эффект достигается тем, что эмаль вводится в композицию изделия в небольшом количестве, в виде отдельных цветowych пятен на общем металлическом фоне (выямчатые эмали). В других случаях эмаль является основным декором, а металлические перегородки играют роль контуров, разделяющих эмали различных цветов (перегородчатые эмали). Наконец, эмалью покрывают изделие сплошь, а металл служит только конструктивной основой, обуславливающей форму изделия (сплошные эмали). Можно выделить следующие виды эмалей и их разновидности:

Выямчатые:

по оброну (гравировке);

по литью;

по чеканке;

по штамповке.

Перегородчатые:

перегородки из листа;

перегородки из проволоки;

филигранные;

оконные.

Сплошные:

гладкие;

живописные;

расписные;

с накладками из металла;

просвечивающие.

Выямчатые эмали. Это наиболее древний вид эмалей. Они были известны еще египтянам, ассирийцам и финикийцам. Особого расцвета выямчатая эмаль достигла в Византии. Искусные образцы этой техники сохранились в Грузии и в курганах домонгольской Руси. Для выполнения такой эмали на изделии предусматриваются специальные углубления — выямки, которые затем заполняются эмалью. Края и дно таких выямков делают шероховатыми, иногда с поднутрениями для лучшего удержания эмали.

Выямчатую эмаль можно применять для декорирования литых или обронных изделий. В первом случае углубления под эмаль предусматриваются на модели и осуществляются непосредственно в процессе отливки, во втором — они режутся штихелем или вырубаются зубилом. Выямчатая эмаль применяется и для изделий из листового металла, выполненных чеканкой. В этом случае эмалью покрывают углубленный фон или, наоборот, отдельные участки узора (рис. 93).

В современной практике при серийном и массовом производстве изделий необходимые углубления под эмаль осуществляются техникой штампа, например значки и ювелирные изделия. Заполнение углублений эмалью может быть различным. В одних случаях эмаль покрывает только дно углублений и нижние части стенок, образуя своеобразный цветной вогнутый мениск. В других, в результате многократного заполнения и обжига, эмаль уравнивается с краями выямки заподлицо и образует одну ровную поверхность с выступающими частями металла.

Перегородчатые эмали. Различается несколько видов этой эмали, большинство из которых также относится к древним приемам декорирования художественных изделий из металла.

Перегородчатая эмаль с листовыми (ленточными) перегородками — это древняя разновидность перегородчатых эмалей. Особого расцвета она достигала в Византии и домонгольской Руси. В настоящее время ввиду сложности эта техника не применяется и заменяется перегородчатой эмалью с перегородками из проволоки. Технологический процесс в основ-

Рис. 93. Медная ваза с эмалью
(современная работа)



ном сводился к следующему: на тонком золотом листе (высокой пробы) при помощи стальной прорезной матрицы (а иногда вручную) продавливалось углубление, соответствующее контуру рисунка. Углубление имело плоское дно и вертикальные стенки толщиной 1—1,5 мм. Иногда углубление делалось не путем продавливания, а снизу подпавивалось в форме неглубокой коробочки (лоточка) с плоским дном. Затем от тонкого золотого листа толщиной всего в несколько десятых (а иногда и сотых) долей миллиметра нарезались узкие полоски (ленточки).

Из этих полосок при помощи специального пинцета выгибались перегородки, соответствующие контурам рисунка, и при помощи вишневого клея (камеди) приклеивались ко дну углубления. Высота перегородок делалась немного больше высоты стенок углубления для того чтобы после припуска эмали выступающие части перегородок можно было бы слегка расклепать. Эта операция, с одной стороны делала золотой контур более сочным и выразительным, а с другой — расклепанный край лучше удерживал эмалевую массу.

После установок всех перегородок по рисунку на клей они припаивались. Пайка осуществлялась достаточно тугоплавким припоем с температурой плавления, превышающей температуру плавления эмали. Припой в размельченном виде насыпался в небольшом количестве между перегородками на дно углубления, и изделие нагревалось. Клей выгорал, а перегородки припая-

лись. Затем каждую ячейку, образованную перегородками, заполняли цветной эмалью и после просушки обжигали. Операция повторялась несколько раз, пока уровень эмали не достигал уровня фона. Этот вид эмалевой техники применялся для небольших ювелирных золотых изделий как орнаментальных, так и с лицевыми изображениями (см. рис. 82).

Перегородчатые эмали с перегородками из проволоки. Эти эмали по своей технологии отличаются от вышеописанных тем, что перегородки изготавливаются не из листового металла, а из волоченой и затем вальцованной (плющеной) проволоки, преимущественно серебряной (чистое серебро). Материалом для изготовления основы изделия служит также серебро или гораздо чаще красная медь, особенно при производстве крупных изделий, например, декоративных ваз, достигающих двух-, трехметровой высоты.

Примером этой техники могут служить китайские эмали, которые применялись для декорирования самых различных предметов — как плоских (подносов, блюд), так и объемных (ваз, светильников, декоративных фигур животных и птиц и т. п.). На выколотенные из листового металла (из серебра, меди) изделия устанавливаются перегородки из серебряной вальцованной проволоки. После наклейки они не припаиваются, а пространства между ними сразу же заполняются эмалью. В процессе обжига клей выгорает, а эмаль сплавляется и перегородки хорошо удерживаются массой самой эмали. Затем все изделие шлифуется и выступающие части перегородок спиливаются. После шлифовки изделие вновь обжигается для придания эмали блеска.

Филигранные перегородчатые эмали (рис. 94). Они характерны для древнерусского ювелирного искусства XVI и, особенно, XVII вв. Они изготавливались из золота, серебра или меди. Филигранной перегородчатой эмалью украшают самые различные предметы: посуду, ювелирные украшения, ларцы, коробочки. Перегородки делают из филигранный сученой и вальцованной проволоки, которые набираются по рисунку и наплавляются на изделие. Затем ячейки, образованные филигранными перегородками, заполняются цветными эмалями и изделие обжигается. Среди древних можно выделить предметы, на которых эмалью заполнен только рисунок, а фон остается металлическим (работы московских и новгородских мастеров XVI—XVII вв.) (рис. 95), иногда фон дополнительно обрабатывался канфарником или просекался (обе операции выполнялись до наложения и обжига эмали).

В других вещах эмалью заполнялся не только рисунок, но и фон (работы Великого Устюга) (рис. 96).

Оконная эмаль. Возникновение этой разновидности эмали относится к XIX в. Она представляет собой как бы миниатюрный цветной витраж, работающий на просвет. Оконная эмаль при-

Рис. 94. Филигранная перегородчатая эмаль
[современная работа]



меняется в ювелирных украшениях (серьгах, кулонах, подвесках), а также для абажуров, фонарей и лампад. Основой служит ажурная филигрань, просветы в которой заполняются мокрой молотой эмалевой массой. Затем изделие осторожно просушивается и немедленно обжигается. Эмаль сплавляется и превращается в стекло, вправленное в просветы металлического кружева. Такие изделия очень эффектны, если они смотрятся в проходящем свете, и цветные прозрачные эмали чистых цветов напоминают драгоценные камни — аметисты, сапфиры, рубины и др.

Сплошные эмали. К этому виду относятся эмали, у которых технологические процессы подобны, а их художественные качества совершенно различны. Первой технологической особенностью, позволяющей объединить все эмали, входящие в эту группу, является то, что эмаль сплошь покрывает металлическую основу, имеющую только конструктивное значение. Второй особенностью, непосредственно обусловленной первой, является использование черных и цветных металлов для основы изделий, так как металл сплошь закрывается эмалью и декоративного значения не имеет. Поэтому драгоценные металлы (золото, серебро) здесь не применяются. Исключение составляют ювелирные изделия с просвечивающей эмалью по золоту и серебру.

Гладкие эмали. Эти эмали получили распространение около 100 лет тому назад (60-е годы XIX в.). Они наводились на

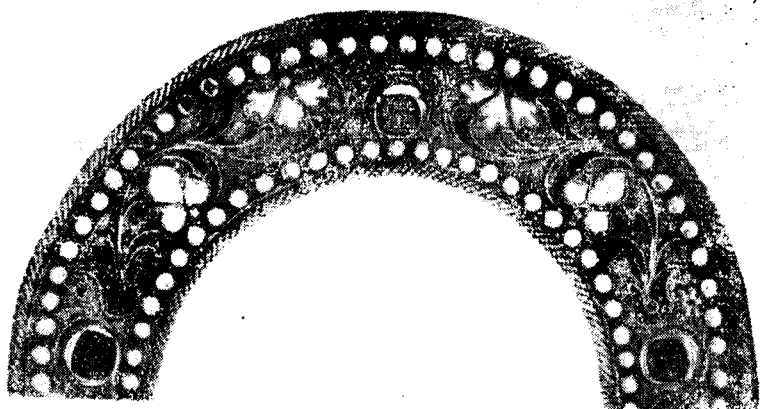


**Рис. 95. Деталь оклада работы московских мастеров
[XVII в.]**

металлические изделия (железную и чугунную посуду) для предохранения их от внешних влияний (коррозии).

В настоящее время гладкие горячие эмали широко применяются не только в посудном производстве, но также и в области машиностроения, приборостроения, газовой и медицинской аппаратуры. Эмалью покрывают холодильное и кухонное оборудование, вывески, различные указатели, циферблаты часов, торговое оборудование, а также чугунные ванны, раковины, котлы и др.

Технологический процесс эмалирования черных металлов (стали, чугуна) имеет свою специфику. В настоящее время он разработан весьма детально в различных вариантах. В основном он сводится к следующему. После обычных подготовительных операций по очистке — механического крацования на щетках и травления в разбавленной кислоте (серной или соляной) — изделие промывают в проточной воде и вновь крацуют. После этого изделие погружают в горячий раствор соды и, не смывая, высушивают его. Пленка соды на время предохраняет металл от ржавления. В таком виде изделие поступает в эмалирование. Различают две эмалевые массы: основную, или грунт, и покровную.

Основная эмалевая масса значительно превосходит покровную по тугоплавкости. В процессе обжига она не расплывается, а находится в густом, текучем состоянии, покрывая металл не сплошной связной массой, а пористой. Эта пористость позволяет металлу при нагреве и остывании расширяться и сжиматься, причем частицы основной массы не отделяются ни друг от друга, ни от металла. Это обуславливает прочность эмалевого покрытия.

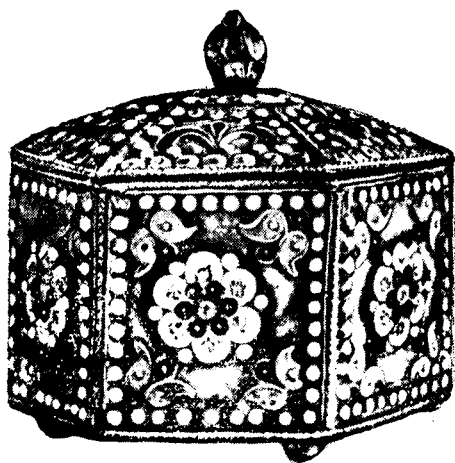


Рис. 96. Коробочка с перегородчатой эмалью

Покровные массы составляются с таким расчетом, чтобы они плавилась гораздо легче, чем основная масса (грунт) и при соприкосновении сплавлялись, образуя между собой своеобразный сплав с постепенным переходом от наружного, чистого, верхнего, покровного слоя через смешанный состав — к грунту.

Покровные массы имеют привлекательные светлые и яркие тона (белые, кремовые, голубые, зеленые и т. п.). Иногда для наружных поверхностей посуды применяют смеси этих тонов, которые образуют при обжиге своеобразные расцветки с пятнами и потеками.

Некоторые особенности имеются и в наложении эмали. Существует два способа: мокрый и сухой. Мокрый способ наиболее распространен, он применяется для стальных изделий. Эмаль, как указывалось выше, растирается с водой и наносится на предмет либо путем опрыскивания (для крупных деталей), либо кистью или простым погружением мелких деталей в эмаль. Затем изделие сушат при температуре 40—50° и обжигают.

Операция нанесения эмали и обжига повторяется дважды. Сначала наносят и обжигают грунт, потом покровную цветную эмаль.

Сухой способ или припудривание применялся раньше для чугунных изделий (иногда он встречается и сейчас). Он заключается в том, что раскаленный предмет, например чугунную ванну, подвешивают к поворотному крану и быстро (в течение 15—20 мин.), пока предмет не остыл, припудривают сухой эмалью и обжигают. Если после обжига в эмалевом слое обнаруживаются недостатки, то припудривание повторяют и вновь обжигают.

Отметим интересный способ эмалирования чугунных изделий в процессе их отливки. Для этого форму, приготовленную из

формовочной смеси, покрывают изолирующим слоем графита и тщательно выглаживают. На этот графитовый слой наводится как можно ровнее слой эмали, которая предварительно растирается в тонкий порошок и разбалтывается с водой до сметанообразного состояния.

Если изделие пустотелое и его нужно также покрыть и с внутренней стороны, то эмалью покрывают и стержень.

По другому способу эмалевая масса в сухом порошкообразном виде наносится на влажный изолирующий графитовый слой, т. е. при этом влажную поверхность сырой земляной формы (или стержня) посыпают порошком эмали и приглаживают ее. Затем формы сушат и заливают расплавленным чугуном. Отливка должна быть спокойной, т. е. без излишнего газовыделения. Для этого в состав эмали не должны входить вещества, способные выделять газы или пары при температуре плавления чугуна. Хорошие результаты дает эмалевая масса, состоящая из кварцевого песка, кальцинированной соды и мела. Для лучшего прилипания массы к форме добавляется глина.

Составы эмалевой массы в частях приведены в табл. 24.

Таблица 24

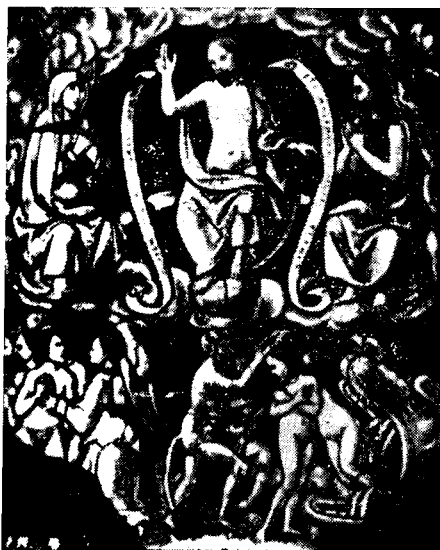
Компоненты	Первый вариант — без глины	Второй вариант — с глиной
Кварцевый песок	28	34
Кальцинированная сода	11	11
Мел	6	12
Глина	—	5

Живописные эмали. Этот вид эмалей представляет собой тончайшую миниатюрную живопись эмалевыми красками на металлической основе, покрытой эмалью. Техника нанесения эмалей подобна живописи по фарфору и выполняется теми же красками.

Современный технологический процесс живописи по эмали сводится к следующему. Из тонкого медного листа изготавливается основа изделия, на котором предполагается осуществить роспись (блюдо, тарелка или просто пластинка).

В прошлом изделие изготовлялось вручную техникой дифовки, чеканки и монтировки, в настоящее время, при серийном производстве изделий, обычно штампом. После соответствующей подготовки (обезжиривания и травления) лицевая поверхность изделия, подлежащая росписи, покрывается тонким слоем эмали, которая должна служить фоном. В настоящее время —

Рис. 97. Лиможская
живописная эмаль



это светлые тона (белый, голубой), однако в прошлом, например, знаменитые французские лиможские эмали писались на темном фоне, чаще всего черном (рис. 97).

Эмаль наносят обычным — мокрым способом, следя за тем, чтобы слой был возможно ровнее и тоньше; затем он тщательно просушивается и обжигается. Эта операция повторяется два-три раза, пока поверхность не станет совершенно гладкой и ровной. Обратную сторону изделия (которую не предполагается расписывать, покрывают «контрэмалью», чтобы изделие не коробилось. Подготовленное таким образом изделие поступает к эмальеру-живописцу, который переводит на него рисунок и приступает к живописи. Живопись производится специальными красками, которые по существу представляют собой те же легкоплавкие цветные эмали, тщательно растертые со скипидарным маслом и разбавленные скипидаром. Кисти для этого употребляются беличьи или колонковые малых номеров.

После каждой росписи, которая осуществляется или миниатюрными мазками или точечными прикосновениями кисти («пунктир»), краски обжигаются в муфеле при температуре 700—850°. Процесс повторяется четыре-шесть раз в зависимости от сложности композиции. Специфичность эмалевой живописи заключается в том, что краски при обжиге несколько изменяют свой первоначальный цвет и живописец работает по воображению. Работа облегчается использованием так называемой «палитры», т. е. пластинки, на которой нанесены уже обожженные краски всех цветов с указанием номера и температуры обжига для каж-

дой из них. Пользуясь такой палитрой, художник работает сначала более тугоплавкими красками, а после их обжига использует легкоплавкие. Это необходимо потому, что легкоплавкие краски при более высоких температурах выгорают и теряют цвет. В табл. 25 даны наиболее часто употребляемые краски.

Таблица 25

Цвета	№ красок	Температура обжига, градусы
Красные	1007, 10/11 622*, 623	760—770 790—845
Оранжевые	191, 193*, 624, 1006	760—790
Желтые	993, 252, 227*	760—790
Зеленые	854, 856*, 857*, 861*, 550, 66	750—770 790—815
Бирюзовые	609, 808, 555	750—770
Голубые	594, 268*, 255, 906, 904*	750—770
Синие	825*, 688, 689*	815—835
Фиолетовые	65*, 158*	760—790
Серые	23, 24, 96*, 39	760—790
Черные	1021*	750—770
Коричневые	210*, 91*	760—790

* Звездочкой отмечены наиболее яркие и чистые тона.

Законченная живопись после обжига для прочности покрывается сверху легкоплавкой прозрачной эмалью — ф о н д о н о м, которая защищает краски от механических повреждений и придает всему изделию блеск. Фондон обычно накладывается и обжигается два-три раза.

Примером живописных эмалей могут служить лиможские эмали XV и XVI вв., миниатюрные росписи московских и петербургских художников XVIII в.; ростовские эмали и современные работы: вид г. Ростова (рис. 98).

Расписные эмали. Эти эмали представляют собой филигранные перегородчатые эмали, набранные в более светлой гамме, а затем прописанные эмалевыми красками (рис. 99). Эта техника была широко развита и достигла высокого совершенства в XVII в. в Сольвычегодске.

Эмаль с накладками из металла (проволоки, зерни, вырезок из листа). Этот вид эмали известен с XVI в. Русским вариантом этой техники являются Устюжские эмали. Своеобразным технологическим приемом характеризуются эмалевые изделия, выпускаемые фабрикой братьев Поповых, которая была открыта в Великом Устюге в 1761 г. За сравнительно короткий срок



Рис. 98. Вид города Ростова, живопись по эмали
[современная работа]

(всего 15 лет) фабрика выпустила большое количество различных изделий, многие из которых хранятся сейчас в музеях нашей страны. Это подносы (рис. 100), ларцы, коробочки, табакерки и другие предметы.

Кроме Великого Устюга, этот технологический прием был известен также и мастерам Сольвычегодска. Однако к концу XVIII в. эта техника повсеместно оказалась забытой.



Рис. 99. Росписная
Сольвычегодская эмаль

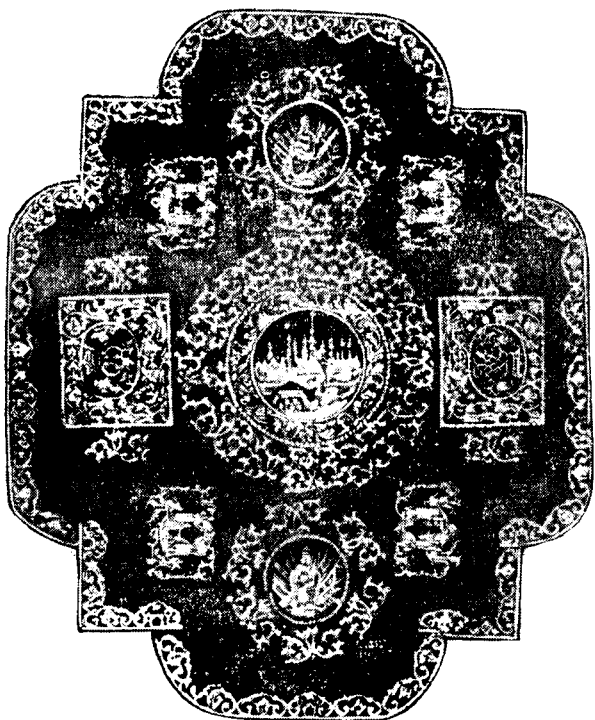


Рис. 100. Эмалевый поднос с серебряными накладками
[Устюжская эмаль XVIII в.]

Сущность технологического процесса этого вида эмалей заключалась в следующем. Из тонкого листового металла изготовлялось изделие, чаще всего из красной меди, реже из серебра. Затем с обеих сторон оно сплошь покрывалось белой, синей, голубой или реже зеленой и желтой глухой эмалью. Иногда применялась эмаль двух цветов. Например, все изделие покрывалось голубой эмалью, а некоторые его участки выделялись желтой, причем никаких перегородок из металла между различными цветами эмали не делалось.

Процесс наложения и обжига эмали повторялся несколько раз, пока все изделие не приобретало гладкую и ровную, как бы фарфоровую поверхность. Затем из тонкой серебряной или медной (золоченой или серебряной) фольги при помощи специальных стальных матриц штамповались рельефные узоры и вырезались по контуру. Готовые рельефы накладывались на эмалиро-

ванное изделие и последнее нагревалось до расплавления эмали; при этом металлические накладки прочно вплавлялись в эмалевый слой. Иногда после этого все изделие, включая и металлические накладки, покрывалось прозрачной эмалью (типа фондона) и еще раз обжигалось. В этом случае металлические рельефы оказывались под эмалью и просвечивали сквозь нее.

В настоящее время этот прием получил свое дальнейшее развитие. Сейчас в качестве накладок применяют серебряную проволоку и зернь (рис. 101). Кроме того, своеобразным новым вариантом, получившим распространение в Европе, являются накладки из эмалевой зерни, т. е. мелких шариков, предварительно сплавленных из тугоплавкой эмали. На рис. 102 изображены два варианта: наверху серебряная зернь, внизу эмалевая зернь.

Просвечивающая эмаль. Этот вид эмали известен в XVI в. в Италии, а затем распространился и по другим странам. Его технология сводилась к следующему. Невысокий, металлический рельеф сплошь покрывался прозрачной (или полупрозрачной) эмалью и его наиболее высокие части также были скрыты под слоем эмали. В результате все рельефное изображение просвечивало сквозь эмаль, причем выступающие элементы просвечивали сильнее.

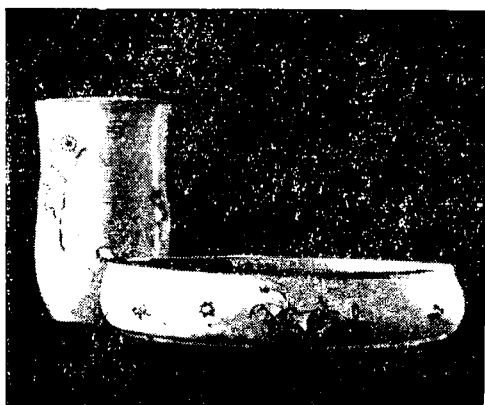


Рис. 101. Эмалевые изделия с накладками из серебряной проволоки (современные работы, Венгрия)

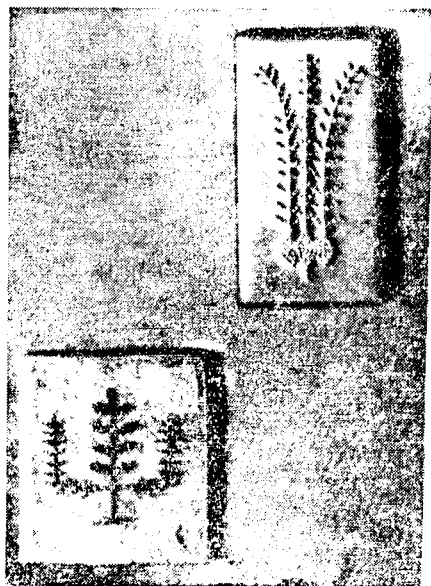


Рис. 102. Эмалевые пластинки: с серебряной зернью (наверху) и эмалевой зернью (внизу) (современная работа, Венгрия)

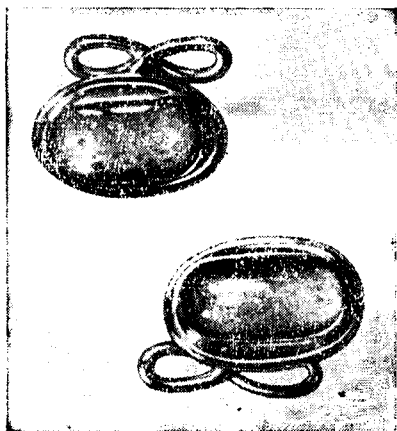


Рис. 103. Серебряные запонки с прозрачной эмалью
(современная работа)

Получался своеобразный эффект света и тени — эмаль как бы увеличивала глубины рельефа. В этой технике выполнены, например, изделия с гравированными или штампованными рисунками, на которые сплошь наводится прозрачная цветная эмаль. Этот прием применяется и в настоящее время (ордена, значки и др.). Иногда прозрачная эмаль накладывается высоко и после обжига создает иллюзию драгоценного камня (рис. 103).

§ 40. ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА

Гальванопластика была открыта выдающимся русским ученым Борисом Петровичем Якоби в середине XIX в. Вскоре после этого открытия в Петербурге было создано крупное производство (до 2500 рабочих) гальванопластических изделий для архитектуры — рельефов (орнаментальных и фигурных), а также крупных монументальных скульптур. Особого расцвета это производство достигло во время строительства Исаакиевского собора (архитектор А. А. Монферан), для которого было выполнено 38 фигур (рис. 104) — фигурные барельефы и орнаментальные украшения — розетки, гирлянды, медальоны и т. п.

Сущность процесса гальванопластики заключается в осаждении металла из гальванических ванн на снятую с оригинала форму для получения металлической копии. При этом с абсолютной точностью воспроизводятся все подробности оригинала. Процесс изготовления гальванокопий имеет следующие операции:

1. Изготовление формы.
2. Нанесение электропроводящего слоя на форму и зарядка.
3. Загрузка форм в гальванованну и процесс наращивания.



Рис. 104. Гальванопластическая фигура размером 5 м (XIX в.)



Рис. 105. Гальванопластическая уменьшенная модель скульптуры «Советский воин» размером 1 м [скульптор Е. В. Вучетич]

Изготовление форм. Формы для снятия гальванопластических копий изготавливаются из различных материалов. Они должны отвечать следующим требованиям:

- 1) давать точный отпечаток;
- 2) иметь минимальную усадку;
- 3) не растворяться в электролите и не загрязнять его;
- 4) легко связываться с электропроводящим слоем.

Гипсовые формы. Эти формы изготавливаются обычным приемом, но перед завешиванием в ванну тщательно просушиваются и затем пропитываются специальным составом из воска и парафина с добавкой канифоли. Гипсовые формы легко снимаются с глиняных и с пластилиновых оригиналов. В этом их преимущество; но в работе они не очень прочны, так как в электролите часто размокают и разрушаются.

Восковые формы. Эти формы можно снять только с металлических изделий и сырых гипсовых моделей. Наименьшую усадку при затвердевании дает следующий состав: канифоль —

70%, пчелиный воск — 20%, парафин — 10%, температура плавления восковой композиции — 80—90°.

Процесс снятия форм сводится к следующему. Модель тщательно очищают от пыли и, смочив слегка водой, укладывают ее на ровную поверхность. Окружив модель рамкой или невысоким бортиком из металлической полоски, ее заливают растопленным воском, дав ему предварительно слегка остыть. При заливке струю направляют не на модель, а рядом, чтобы избежать образования в форме пузырей. Готовую форму следует снимать с модели еще теплой.

Формы из высокополимеров. К этим формам относятся различные эластичные пластмассы, каучуковый латекс, хлорвинил. Они эластичны, легко снимаются со сложных оригиналов; при наращивании укладываются в гипсовые кожухи. Их можно использовать многократно. Целлулоидные и акриловые формы изготавливаются путем тиснения или прессовки с невысоких рельефов.

Металлические формы. Эти формы можно изготовить из листового свинца путем тиснения, а также из листовой латуни или меди методом чеканки. С металлического оригинала (модели) можно снять также гальванопластическую форму.

Нанесение электропроводного слоя на формы и зарядка. Материалы, из которых изготавливаются формы (гипс, воск, пластмассы) — диэлектрики, т. е. они не проводят ток и для того, чтобы сделать их электропроводными, требуется специальная их обработка.

Различают следующие виды обработки:

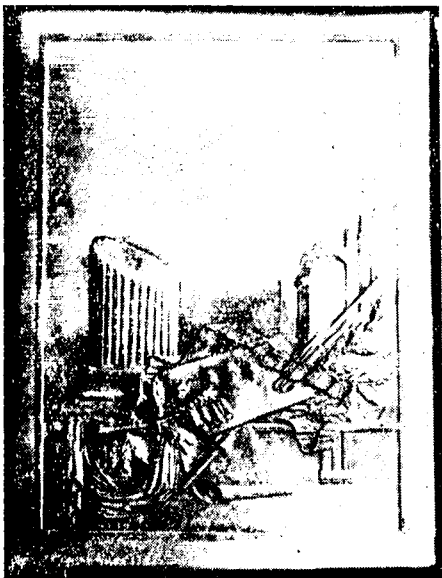
механическое натирание форм из этих материалов графитом или металлическим порошком (медным, серебряным);

химическое нанесение — осаждение или выделение металлического слоя меди, серебра или других металлов из солей на форму.

Зарядка форм — снабжение форм проводниками, имеющими контакт с электропроводящим слоем и катодной штангой. Проводниками для зарядки форм служит мягкая, отожженная медная или латунная проволока диаметром 0,15—0,5 мм. Сечение проволоки не должно быть очень малым, так как такие провода нагреваются при максимальных плотностях тока. Контактные провода прокладываются на расстоянии 0,5—1 см от границ готового изделия. Это позволяет легко удалять облой и производить обработку готового изделия.

Подвески для форм делают из одножильных изолированных проводов с крючком на одном конце для соединения ее с катодной штангой; другой конец соединяется с проводником. В сложных формах делают дополнительные проводники для увеличения площади соприкосновения токоведущих проводников с электролитом и ускорения процесса осаждения металла на форму.

Уис. 106. Гальванопластическая копия чеканного рельефа



Загрузка форм в ванну и процесс наращивания. Формы с проводящим слоем из серебра загружаются в ванну под током. Формы, обработанные графитом, можно опускать в ванну без тока, а затем его включать. При загрузке необходимо следить, чтобы в поднутрениях не оставался воздух (пузырьки). Для этого изделия загружают медленно, чтобы воздух успел выйти из них или формы смазывают спиртом.

Для гальванопластики применяются ванны различных размеров из различных материалов. Наибольшее применение сейчас имеют стальные сварные ванны, обложенные листовой резиной или виниловым пластиком. В качестве материала для ванн можно применять также свинец, керамику, стекло. Источником тока обычно служит либо низковольтная динамомашина, либо выпрямитель (купроксный или селеновый), обеспечивающий напряжение от 3 до 12 в и плотность тока от 1,5 до 2 а/дм².

Обычные медные электролиты имеют следующий состав и режимы отложения: медный купорос — 200—250 г/л; плотность тока 1,5—2 а/дм²; серная кислота 30—35 г/л; температура 18—20°. Она может повышаться до 25—28° за счет джоулева тепла.

Анодом является чистая красная медь (М0 и М1); недопустимо присутствие в анодах вредных примесей (мышьяка и сурьмы) — от них осадок делается хрупким.

В процессе наращивания возможны следующие недостатки:

1. Неровный осадок — поверхность покрыта шишками (денд-

ритами); это указывает на то, что электролит загрязнен графитом, анодным шламом и т. п. Для устранения этого недостатка электролит необходимо профильтровать.

2. Крупнокристаллический осадок на катоде и осадок сернокислой меди на аноде; это свидетельствует об избытке купороса; электролит следует разбавить водой.

3. Осадок темно-бурого красноватого цвета, грубошершавый, рыхлый, хрупкий — недостаток кислоты; следует ее добавить.

4. Красный цвет осадка на углах и краях — «горелость», следует уменьшить плотность тока.

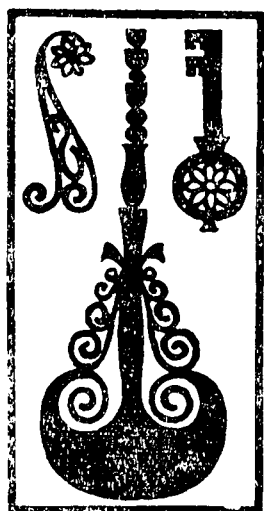
Равномерное отложение меди на сложных, сильно профилированных формах — наиболее трудная задача. Даже на ровной плоской поверхности толщина слоя не бывает одинаковая — он толще по краям, на ребрах, углах и выступах, тоньше в середине и в углублениях, а в очень глубоких и поднутренных местах формы осаждения иногда не происходит совсем из-за неравномерного распределения силовых линий, которое зависит от формы электродов, расстояния между ними, от состава электролита и т. п.

Средоточие силовых линий вызывает неравномерность в плотности тока по поверхности сложно профилированной формы. На выступах плотность тока возрастает, а на углубленных местах — падает и от этого слой осажденной меди неодинаков. Главное в технологии гальванопластики — равномерное осаждение металла по всей поверхности формы. Для этого обычно применяются различные экранные кассеты, цель которых изменить направление силовых линий и тем улучшить процесс осаждения, сделать его более равномерным.

Применяется также постепенное погружение формы с последующим экранированием уже наращенных участков или установка дополнительных анодов в местах, глубоко профилированных и поднутренных, куда не достигают силовые линии от основного анода. На дополнительные аноды надевают шламосадерживающие чехлы из тонкой капроновой или стеклянной ткани. Аноды приклеиваются при помощи церезина к просушенным частям формы. Можно также применять периодическое изменение направления постоянного тока при помощи реле времени. Реверсирование тока замедляет рост металла на выступах и углах, так как анодное растворение металла идет наиболее интенсивно именно на выступающих участках.

В настоящее время гальванопластика применяется для создания копий художественных изделий, а также различных художественных моделей. На рис. 105 показана гальванопластическая уменьшенная модель скульптуры «Советский воин» — скульптура Е. В. Вучетича, размер модели 1 м. На рис. 106 показана гальванопластическая копия чеканного рельефа.

РАЗДЕЛ IV



СБОРКА И ОТДЕЛКА ХУДО- ЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 41. ПАЙКА

Пайка металлов известна с глубокой древности. Различными приемами пайки хорошо владели ювелиры античной Греции и древнего Рима. Тонко и искусно спаянные художественные произведения из золота, серебра и бронзы встречаются в культуре скифов и Древней Руси.

На рис. 107 показан серебряный сосуд чеканной работы (Рим, I в. н. э.), выполненный с применением пайки. Он изготовлен по частям и собран на припой в одно целое. На рис. 108 представлена современная небольшая парковая скульптура из меди, спаянная из частей.

Пайка — неразъемное соединение металлических деталей, находящихся в тесном соприкосновении, при помощи расплавленного сплава, называемого припоем. Для того чтобы осуществить пайку, необходимы следующие условия:

1. Жидкий расплавленный припой должен смачивать поверхность твердого металла, т. е. силы сцепления внутри капли припоя должны быть меньше сил сцепления, возникающих между припоем и спаиваемой деталью.

2. Спаиваемый металл и припой должны плотно соприкасаться друг с другом, т. е. между ними не должно быть окисной пленки или каких-либо других загрязнений.

Поэтому перед пайкой спаиваемые места необходимо хорошо зачищать шабером, напильником и шкуркой, чтобы удалить с поверхности грязь, жир, краску и т. п. Но, кроме механических



Рис. 107. Чеканный серебряный сосуд
[Рим, I в.]

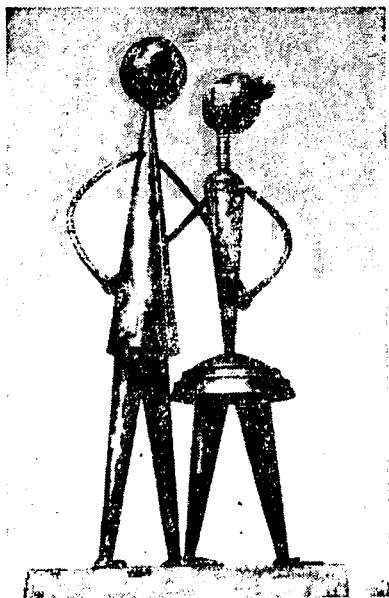


Рис. 108. Парковая скульптура
из меди
[современная работа]

загрязнений, удаляемых зачисткой, на поверхности металла всегда есть окисная пленка, которая образуется на металле от соприкосновения с кислородом воздуха. Хотя эту окисную пленку можно удалить механическим путем, но в процессе пайки она вновь образуется, и тем быстрее, чем выше температура.

Для удаления окисной пленки, образующейся во время пайки, применяются специальные вещества — флюсы (см. ниже).

3. Припой и спаиваемый металл должны образовать между собой сплав, т. е. обладать способностью диффундировать (проникать) друг в друга.

Образование такого сплава происходит непосредственно во время пайки, когда жидкий припой заполняет щель между спаиваемыми частями металла.

Жидкий припой проникает в глубь основного металла, впитывается в него, заполняя мельчайшие поры, при этом он растворяет металл и сам растворяется в нем (взаимная диффузия).

Известно, что металлы, имеющие высокую температуру плавления могут растворяться в жидком металле с гораздо более

низкой температурой плавления. Например, медь, плавящаяся при 1083° , растворяется в расплавленном олове, температура плавления которого 232° ; точно так же железо, имеющее температуру плавления 1535° , растворяется в цинке, температура плавления которого 419° ; сурьма 630° — в свинце 327° ; углерод 3000° — в железе 1535° ; никель 1455° — в меди 1083° и т. п.

Современные методы пайки весьма разнообразны и позволяют соединять почти все металлы и сплавы. Однако пайка из-за трудоемкости применяется главным образом в художественных изделиях интерьерного характера, исполняемых в небольших сериях, — декоративных предметах, бытовых и ювелирных изделиях. В последнее время пайка все больше и больше заменяется сваркой.

Различают два основных вида пайки:

- 1) пайку мягкими припоями с температурой плавления до 400° ;
- 2) пайку твердыми припоями — температура их плавления выше 550° .

Мягкие припой

Наиболее легкоплавкие припои состоят из олова, свинца, висмута и кадмия; температура их плавления составляет 60 — 80° .

Мягкие оловянно-свинцовые припои:

1. Припой оловянно-свинцовый 30 (марка ПОС-30) имеет следующий состав (в процентах): олова — 30, сурьмы — 2, свинца — 68, температура его плавления 180 — 240° .

2. Припой оловянно-свинцовый 18 (марка ПОС-18) содержит: олова 18, сурьмы 1,5, свинца 79,5; температура его плавления 180 — 265° .

3. Припой свинцово-серебряный (марка ПСР-3) содержит: серебра — 3, свинца — 97%; температура его плавления 296° ; применяется для пайки изделий, работающих при повышенной температуре.

Перечисленные мягкие припои можно применять почти для всех металлов, кроме алюминия и его сплавов.

Механическая прочность этих припоев невелика, поэтому их не следует применять для деталей, несущих большую нагрузку.

Пайка мягкими припоями применяется в следующих случаях:

1) для пайки легкоплавких металлов: олова, свинца, цинка, кадмия и их сплавов;

2) для пайки различных изделий, которые нельзя нагревать; например, при сборке изделий, фрагменты которых уже окончательно отделаны — полировкой, оксидировкой, золочением или серебрением, цветной эмалью и т. д., или при сборке деталей с камнем, деревом, стеклом, пластмассой и т. д.



Рис. 109. «Дерево жизни» — витраж-эмблема
(художник Ю. Г. Колов)

На рис. 109 дан современный витраж, собранный из хрустального стекла в металлическую оправку при помощи пайки;

3) если не требуется большой прочности шва и соединение не ответственно. Пайку мягкими припоями выполнить гораздо легче и дешевле, чем твердым припоем. Иногда для пайки применяется чистое олово.

Пайка мягким припоем производится при помощи паяльника. Паяльники бывают простые (периодически нагреваемые) и электрические непрерывного действия. У паяльника рабочая часть заострена, чтобы удобнее подводить тепло к спаиваемой детали. Паяльники изготавливаются из красной меди, обладающей высокой теплопроводностью, тепло быстро передается к заостренной части и от нее к шву.

Твердые припои

Твердыми называются такие припои, которые плавятся при высоких температурах (не ниже 550°), обладают большой крепостью и обеспечивают высокую прочность шва.

Латунные припои

Латунные припои применяются для пайки меди, бронзы, латуни, железа, стали и других металлов, имеющих сравнительно высокую температуру плавления. В табл. 26 даны наиболее употребительные марки латунных припоев.

Состав латунных припоев (в процентах)

Таблица 26

Марка	Медь	Цинк	Температура плавления	Цвет
ПМЦ-54	54	46	881	Желтый
ПМЦ-50	50	50	865	Светло-желтый
ПМЦ-42	42	58	836	Почти белый
ПМЦ-33	33	67	807	Белый

Если требуется произвести несколько паек — одну за другой, то для каждой следующей пайки припой должен быть более легкоплавкий, чем предыдущий, т. е. содержать больше цинка. При пайке припоем с содержанием цинка надо осторожно нагревать изделие, чтобы не перегреть его, так как цинк в расплавленном состоянии легко растворяет в себе металлы и сплавы («грызет» металл), в результате чего получаются раковины, которые портят поверхность изделия.

Серебряные припои

Серебряные припои применяются не только для пайки серебра, но также латуни, бронзы, меди и стали. В табл. 27 приведены некоторые марки серебряных припоев.

Преимуществом серебряных припоев является следующее:

- 1) высокая прочность;
- 2) высокая пластичность — изделие можно ковать, изгибать и при этом сохраняется прочность шва.

Следует опасаться, чтобы в припой не попало железо. Оно делает припой хрупким. Кроме припоев, выпускаемых промыш-

Состав серебряных припоев (в процентах)

Марка	Цинк	Серебро	Медь	Температура плавления	Применение
Пср 4	48	4	48	825	Для пайки латуни с содержанием меди свыше 58%
Пср 12	52	12	36	785	Для пайки серебра
Пср 65	15	65	20	721	Особо прочный припой
Пср 45	25	45	30	720	Для пайки меди и бронзы

ленностью, можно рекомендовать следующие составы припоя для серебра, которые легко приготовить.

Для ювелирных работ:

серебра 875 пробы — 4 г, латуни — 1 г — крепкий припой.
серебра 875 пробы — 1 г, латуни — 0,5 г — слабый припой.

Для филигранных работ:

серебра 875 пробы — 4 г, красной меди — 2 г.

На рис. 110 показано национальное женское украшение из серебра (Средняя Азия), состоящее из филигранных элементов, украшенных драгоценными камнями и соединенных между собой рядами цепочек. Все украшение собрано и искусно спаяно серебряными припоями из нескольких тысяч отдельных деталей.

Золотые припои

Золотые припои применяются для пайки золота различной пробы.

Для пайки 750 пробы припой имеет следующий состав: золота — 48, серебра — 30, меди — 10, кадмия — 12%.

для пайки 583 пробы: золота — 58,3, серебра — 11,5, меди — 18,6, кадмия — 11,6%.

Чистое золото применяется как припой для платины.

Пайка изделий из алюминия. Пайка алюминия в сравнении с другими металлами вызывает значительные трудности. Алюминий очень быстро окисляется на воздухе и покрывается тонкой пленкой окиси, которая сильно затрудняет пайку. Долгое время пайка алюминия считалась невозможной и для соединения деталей из алюминия применяли клепку. Пайка алюминия производится припоями следующего состава (в %):

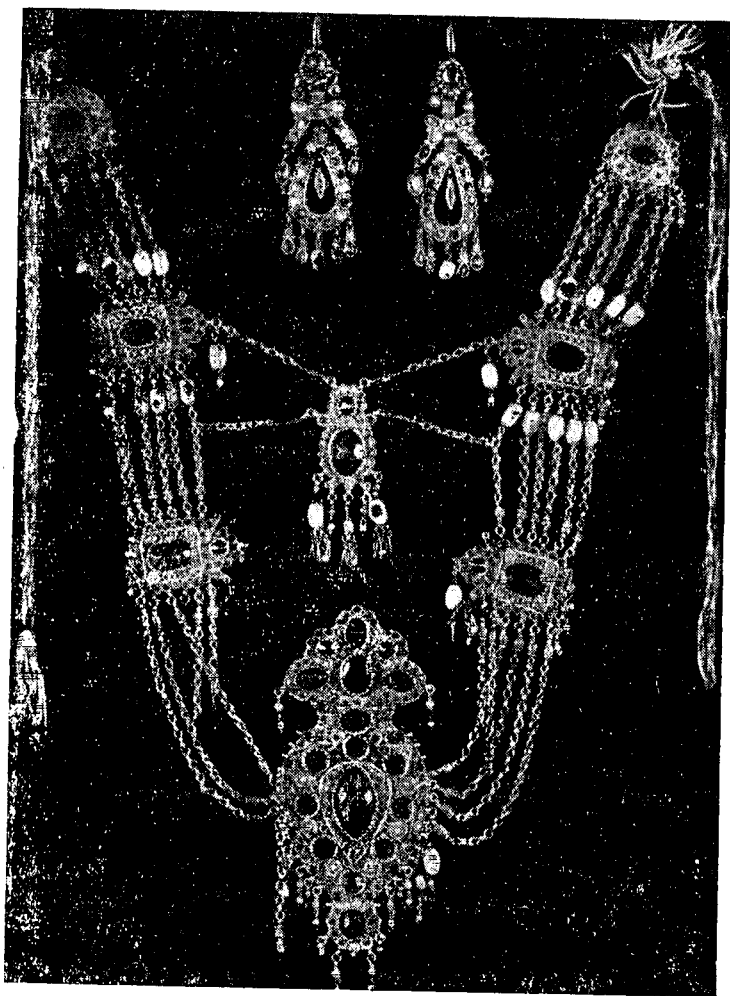


Рис. 110. Женское украшение
[Средняя Азия, XIX в.]

1) олова — 55, цинка — 25, кадмия — 20, температура плавления припоя 200°;

2) алюминия — 60, цинка — 40, температура плавления припоя 525°.

Флюсы. Их можно разделить на две группы:

1) флюсы, растворяющие окисные пленки металлов, восстанавливающие окисы металлов до металлов (а иногда растворяющие и сам металл). К ним относятся: соляная кислота, хлористый цинк, борная кислота и бура;

2) флюсы, которые не производят никакого химического действия, а служат лишь для образования защитного покрытия ранее очищенного металла; ими пользуются при пайке оловянно-свинцовым припоем. К ним относятся: канифоль, воск, смола и др.

Соляная кислота применяется для пайки цинка и железных цинкованных изделий. После употребления соляной кислоты изделие надо тщательно промывать — лучше в горячей воде, так как оставшаяся на изделии соляная кислота ускоряет коррозию.

Хлористый цинк плавится при 263°; готовится травлением цинка в соляной кислоте; применяется при пайке мягкими припоями латуни, меди, железа; после пайки изделие необходимо промывать, так как остатки хлористого цинка образуют очаги коррозии. Он наиболее распространенный флюс для оловянно-свинцовых припоев. Выпускается в основном в порошке; он легко растворим в воде в отношении 1 : 4.

Хлористый цинк — аммоний; состоит из смеси хлористого цинка (75%) и нашатыря (25%). Такая смесь плавится при 175°, т. е. ниже температуры плавления оловянно-свинцовых припоев; он применяется при пайке оловянно-свинцовыми припоями в водном растворе (на 1 часть порошка 3—4 части воды).

Бура — универсальный флюс при твердой пайке латуни, меди, бронзы, железа и т. п. Перед употреблением буру лучше прогреть на железном листе, чтобы выпарить из нее кристаллизационную воду (которую она поглощает из воздуха). Температура плавления буры 741°. После пайки изделие надо положить в отбел (15%-ный раствор серной кислоты), чтобы удалить соли буры, твердую прозрачную корку, которая образуется при соединении расплавленной буры с окислами металлов, или прокипятить в горячем отбеле — тогда корка отстает быстрее.

Стекланный порошок применяется вместо буры при твердой пайке; его готовят так: нагревают стекло и затем быстро бросают в холодную воду — такое стекло легко растолочь в порошок.

Жидкое стекло (флюс для твердой пайки) — готовится сплавлением соды с чистым белым порошком стекла. Полученный сплав стекла и соды растворяют в воде и в жидком виде используют как флюс. Жидкое стекло нельзя хранить в сте-

клянных сосудах с притертыми пробками — их потом невозможно открыть.

Плавиковая кислота (фтористоводородная) — применяется при пайке чугуна медью и латунью.

Канифоль — готовят из сосновой смолы, применяют при мягкой пайке, особенно в радио- и электропромышленности, где нельзя применять хлористый цинк, так как изделие нельзя промыть после пайки. Остатки канифоли не вызывают коррозии.

Терпентин — раствор смолы в скипидаре — применяется так же, как и канифоль.

Для пайки алюминия применяют следующие флюсы:

1) для мягкой пайки — смесь из трех частей деревянного масла, двух частей канифоли и одной части кальцинированного, хлористого цинка;

2) для твердой пайки — смесь из 8—15% хлористого цинка, 8—12% фтористого калия, 25—30% хлористого лития, 59—43% хлористого калия. В процессе пайки добавлять флюс не рекомендуется, так как он, сплавляясь, образует шлак, который засоряет шов.

Качество пайки зависит от тщательности облуживания деталей припоем перед пайкой.

Однако лучшие результаты дает пайка ультразвуковым паяльником — без применения флюса.

Это объясняется тем, что ультразвуковые колебания разрушают окисную пленку по всей поверхности, чего нельзя достигнуть при применении флюсов.

§ 42. СВАРКА

Сварка — наиболее прогрессивный и экономичный способ неразъемного соединения отдельных металлических частей в единое целое.

Процесс сварки основан на очень тесном сближении свариваемых поверхностей, при котором расстояние между атомами, находящимися на контактируемых поверхностях, становится соизмеримым с расстоянием между атомами внутри металла. В этом случае происходит обмен электронами внешних орбит атомов и в сварном шве образуется общая пространственная решетка.

Такое сближение атомов достигается:

при оплавлении кромок свариваемых деталей (автогенные виды сварки);

при размягчении кромок до тестообразного состояния и проковке сварного шва (кузнечная сварка).

Очень сильным сжатием соединяемых частей (без нагрева), при котором высокое удельное давление и достаточная пластичность металла (медь, алюминий и др.) позволяют сблизиться ато-

мам до необходимого минимума, обуславливающего их взаимную диффузию (холодная сварка давлением).

В настоящее время существует много различных способов сварки, причем число их непрерывно возрастает. Однако в области производства художественных изделий большинство из них не применяется или применяется очень редко.

Наиболее распространенными способами сварки, которые применяются в художественной промышленности, являются: газовая сварка и электросварка, а также кузнечная (или горновая) сварка, все еще сохраняющая свое значение при художественных ковочных работах.

Кузнечная сварка является наиболее древним видом сварки. Она известна с глубокой древности и постоянно сопутствовала кузнечной обработке стали.

На рис. 111 изображена сечка, украшенная множеством спиралей. Каждая из них согнута в отдельности и приварена на место горновой сваркой.

Легче всего этой сварке поддается малоуглеродистая сталь — с содержанием углерода до 0,2%. Такая сталь раньше называлась кузнечным железом. Из нее ковались различные железные изделия — светцы, решетки, дверные петли, ручки, подковы и т. д. Чем больше в стали содержания углерода, тем труднее она сваривается.

Кузнечная сварка имеет последовательные операции: подготовку концов высадкой, их нагрев и сварку с проковкой молотом на наковальне.

Существуют три способа кузнечной сварки: встык, внахлестку, в паз, или в разруб.

Сварка встык — применяется для тонких прутков; прочность при этом получается относительно небольшая из-за трудности проковки места сварки. Для сварки встык концы прутков предварительно высаживаются (утолщаются).

Сварка внахлестку — наиболее распространенный вид сварки; применяется при толщине изделий до 100 мм. Перед сваркой концы нагревают, осаживают и сжимают.

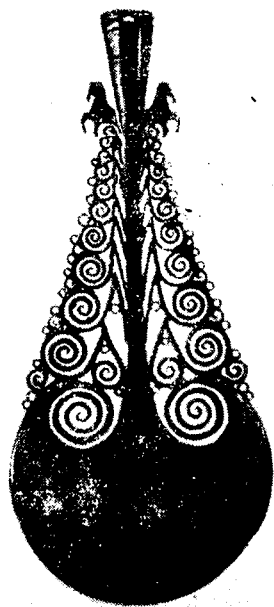


Рис. 111. Железная кованая сечка

Скошенные поверхности должны быть несколько выпуклыми для того, чтобы сварка началась в центре. При таком способе шлак выжимается от центра к краям изделия.

Сварка в лаз, или в разруб—применяется при толщине концов прутков более 60 мм. Концы нагреваются, осаживаются, затем один из них разрубают, а другой вытягивают клином.

После подготовки концов одним из указанных способов их нагревают в кузнечном горне до температуры 1300—1350°, что соответствует белому калению. Для сварки сталь должна быть чистой, а во время нагрева она покрывается окалиной. Окалина удаляется флюсом — в данном случае это мелкий чистый кварцевый песок или бура.

Флюс легко сплавляется с окалиной, образуя легкоплавкий шлак в виде тонкой пленки, и предохраняет сталь от дальнейшего окисления.

Нагретые до сварочной температуры куски стали очищают от шлака путем встряхивания или прутьями, кладут их на наковальню вплотную свариваемыми поверхностями и затем наносят удары — сначала частые и легкие ручником, а затем сильные — кувалдой и доковывают весь стык до полной сварки.

При сварке следят, чтобы шлак не остался внутри шва, и ударами молотка выжимают его.

В настоящее время кузнечная сварка применяется все реже и реже, так как автогенные виды сварки гораздо совершеннее, быстрее и дешевле.

Газовая сварка. Газовая сварка экономична и производительна. Она осуществляется при помощи газовой горелки. В качестве горючих газов для газовой сварки применяются: ацетилен, водород, пары бензина, светильный газ и др. Все эти газы горят на воздухе, но при этом не развивают высокой температуры, необходимой для сварки, поэтому при сварке они сжигаются в струе кислорода. Ацетилен наиболее удобен.

Сварка стальных изделий. Сначала готовят шов под сварку; свариваемые поверхности очищают от грязи, ржавчины, масла и краски. При этом производятся следующие операции:

- 1) для сварки листов толщиной до 1,5 мм края отбортовываются, высота бортов делается от 1,5 до 2,5 мм, и отбортованные кромки устанавливаются плотно без зазора.

- 2) для сварки металла толщиной 1—5 мм отбортовка не производится; между кромками оставляется зазор от 0,5 до 1 мм;

- 3) при толщине от 5 до 15 мм кромки скашиваются с одной стороны;

- 4) при толщине более 15 мм кромки скашиваются с двух сторон.

Угол раскрытия шва делается от 40 до 90°. Скашивание кро-

мок делается или зубилом, или на станке, или газовой резкой. Между свариваемыми кромками оставляется зазор, равный 1—3 мм.

Сварка производится так: кромки расплавляются горелкой, а затем в пламя вводится стальной присадочный пруток, который, расплавляясь, заполняет зазор.

При постепенном движении горелки вдоль шва производят сварку.

При сварке тонких отбортованных листов присадочный пруток не применяют, а оплавливают отогнутые кромки.

При сварке длинных полос сначала прихватывают шов в нескольких местах, а затем его проваривают, чтобы избежать коробления изделия.

Сварка чугуновых изделий. Под действием пламени горелки часть примесей чугуна выгорает, образуя тугоплавкие окислы, которые затрудняют сварку. Для превращения этих окислов в шлак необходимо применять флюсы. При сварке чугуна присадочный пруток применяют из чугуна диаметром 6—12 мм. В качестве флюса служит бура и смесь из равных частей углекислой и двууглекислой соды.

При сварке чугуна часто появляются трещины от внутренних напряжений, вызываемых нагреванием и хрупкостью чугуна. Поэтому перед сваркой изделие нагревают до темно-красного каления. Для избежания выгорания примесей из чугуна сварку производят очень быстро.

Скос кромок при сварке чугуна производят так же, как и при сварке стали.

Сварка потолочных швов для чугуна невозможна, так как жидкий чугун стекает вниз и не заполняет шва.

Сварка чугуна имеет ряд трудностей и применяется редко, так как во время сварки изделия часто трескаются, особенно изделия со сложными профилями.

Обычно сварку чугуна заменяют пайкой латунными сплавами. Для этого вырубает кромки на скос; при этом чем шероховатее поверхность, тем шов прочнее. Затем шов нагревают до температуры плавления латуни, лучше предварительно подогреть все изделие на горне.

Флюсы, применяемые при сварке чугуна, бура, борная кислота или поваренная соль и борная кислота. Прочность такого шва не уступает прочности основного металла изделия.

Сварка медных изделий. Кромки для этой сварки готовят как и для сварки стали. Наконечники к горелке берут на два номера больше, чем для стали, так как медь очень теплопроводна. Против окисления и насыщения газами применяют флюсы: порошок из буры, фосфорного натрия и желтой кровяной соли.



Рис. 112. Парковая скульптура
«Курица»
[современная работа,
Венгрия]



Рис. 113. Парковая скульптура
«Мужская маска»
[современная работа,
Венгрия]

Присадочный пруток состоит из чистой меди с примесью до 0,2—0,3% фосфора.

Сварка бронзовых изделий. Перед сваркой изделие нагревают до темно-красного каления. Горелку берут на один номер больше, чем для стали. Сварку лучше производить на горне для подогрева изделия, и после сварки его надо медленно охладить, чтобы не получилось трещин.

Присадочные прутки — из того же состава бронзы, что и изделие, лучше с небольшой примесью фосфора; флюс — бура, толщина прутков — 6—12 мм.

Сварка латуни происходит так же, как и бронзы. Присадочный материал — латунные прутки с небольшой добавкой алюминия; флюс — бура. Сварку ведут быстро, чтобы не выгорал цинк.

Сварка алюминия. Этот процесс представляет известные трудности, так как алюминий легко окисляется, а температура плавления окислов выше плавления самого металла. Кроме того, алюминий обладает большой теплоемкостью. Флюсы — сложные смеси: хлористого калия и натрия, сернистого калия, фтористого калия, хлористого лития и других веществ; присадка — чистый алюминий, пруток не вводят в пламя горелки, а опускают в жидкий металл.

Газовая резка стали. Этот процесс основан на свойстве стали, нагретой до высокой температуры, сгорать в струе кислорода. Для резки применяется специальная горелка — резак. Устройство ее почти такое же, как и сварочной горелки, но режу-

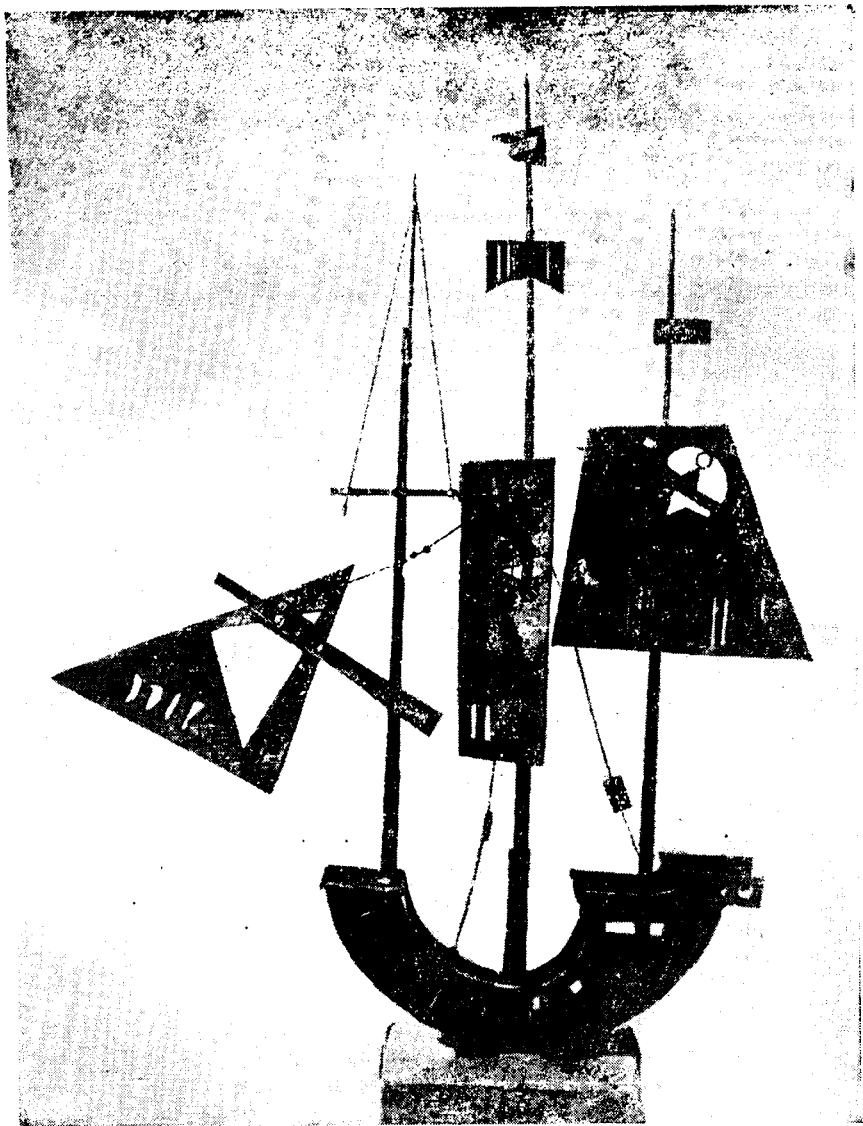


Рис. 114. Декоративный кораблик
[художник Н. П. Пимонов]

щий кислород выходит под бóльшим давлением. Иногда применяется бензорез, основанный на горении паров бензина в струе кислорода; он удобен в переноске. Медь, а также алюминий, температура плавления которых ниже, чем температура плавления их окислов, не поддаются газовой резке.

Газовая резка и сварка стали в последнее время приобрела широкое распространение в области изготовления художественных изделий главным образом экстерьерного характера — различных декоративных и парковых скульптур, витражей и т. п.

На рис. 112 показана небольшая парковая скульптура «Курица», выполненная этим способом. При изготовлении «Мужской маски» (рис. 113) применена, кроме листовой, также и прутковая сталь, из которой выполнены глаза.

Изображенный на рис. 114 декоративный кораблик осуществлен также техникой резки и сварки, но здесь поверхность стального листа частично обогащена наплавкой, которая придает поверхности некоторую рельефность.

Электросварка. Дуговая сварка. При дуговой электросварке высокая температура, необходимая для расплавления металла, получается при помощи электрического тока, образующего вольтовую дугу. Дуговая электросварка была изобретена в 1885 г. в России, в Петербурге, инженером Бенардосом.

При постоянном токе на электродах вольтовой дуги выделяется неодинаковое количество тепла. На положительном полюсе (аноде) температура достигает 4000° , а на отрицательном (катоде) — 3500° . При переменном токе температура на обоих полюсах 3500° .

При сварке постоянным током положительный электрод присоединяется к детали, а отрицательный — к электроду.

Для образования дуги необходимо касаться электродом поверхности изделия — при этом получается короткое замыкание; затем отводить его на небольшое расстояние (2—4 мм), и нагретый воздух становится проводником.

Для получения высокого качества работы пользуются обмазанными или покрытыми электродами. Назначение обмазки — давать шлак с металлическими окислами и защищать металл шва от соприкосновения с воздухом во время сварки. Кроме того, обмазка дополняет убыль элементов, выгорающих в вольтовой дуге, а также вводит в шов новые элементы. Обмазка повышает также устойчивость дуги. Кроме того, шлаковый покров замедляет остывание металла, что способствует выделению из него газов, и шов получается более плотным.

Дуговая сварка стали. Дуга дает сильный сосредоточенный жар, поэтому коробление здесь меньше, чем при газовой

Рис. 115. Декоративная театральная маска
(художник А. А. Воробьев)



сварке. Благодаря этому дуговая сварка допускает большее разнообразие сварных швов по сравнению с газовой.

Наиболее распространенный способ — сварка в стык. Подготовка кромок производится так же, как и для газовой сварки. Декоративная театральная маска (рис. 115) из полосовой стали сварена этим способом.

Для усиления стыковых соединений в ответственных конструкциях применяют накладки с одной или с двух сторон. Накладки делают в форме вытянутого шести- или восьмиугольника. Прямоугольные накладки нерентабельны, так как в углах получается большое напряжение. Накладка должна перекрывать сварной шов не меньше чем на 100 мм. При установке накладок с двух сторон их следует брать разной величины, чтобы кромки их не совпадали и одна из них перекрывала другую на 20—30 мм.

При сварке внахлестку величина перекрытия должна быть не менее пятикратной толщины свариваемого металла.

Часто употребляется сварка в тавр со скосом кромок и без него.

Для сварки мягкой стали берут электроды с содержанием углерода 0,1—0,2%, не более 0,04% серы и такое же количество фосфора.

Для цветных металлов дуговая сварка применяется редко, так как газовая сварка дает лучшие результаты и более экономична.

Контактная сварка. Эта сварка разделяется на стыковую, точечную, роликовую или линейную. При этих способах высокая температура, необходимая для сварки, получается от прохождения электрического тока непосредственно через сварив-

ваемое изделие. Процесс контактной сварки основан на том, что при прохождении тока по проводнику выделяется тепло. Причем тем больше, чем больше сопротивление проводника и сила тока. Металлы, как известно, обладают небольшим сопротивлением и для получения высокой температуры приходится применять большую силу тока.

Для контактной сварки применяется исключительно переменный ток, так как он легко может преобразовываться в трансформаторе из тока высокого напряжения в низкое.

Процесс сварки протекает очень быстро — от 1,5 до 130 сек. Прочность шва одинакова с прочностью металла изделия.

Этим способом можно сваривать не только однородные металлы и сплавы, но и разнородные — почти в любых комбинациях; например, сталь с никелем, с медью, с латунью, с бронзой; медь с никелем; никель с бронзой и т. д. Чугун сваривается этим способом только при малых сечениях.

При выполнении стыковой сварки соединяемые части закрепляются в зажимы сварочной машины, к которым подводится ток большой силы и низкого напряжения от вторичной обмотки трансформатора. Свариваемые торцы устанавливаются плотно друг к другу. Ток, проходя через изделие, встречает наибольшее сопротивление в стыке, где развивается высокая температура, и концы оплавляются (ток выключают и концы прижимают друг к другу); концы можно также сближать до соприкосновения, а затем разводить на 2—3 мм — при этом образуется вольтова дуга, которая расплавляет медленно сближающиеся концы. Когда они достаточно оплавятся, их быстро сжимают и выключают ток. Стыковая сварка применяется для соединения самых различных профилей.

Точечная сварка применяется для соединения листового металла и главным образом для штампованных и выдавленных деталей из листа, а также полосового материала.

Предельная толщина деталей для точечной сварки:

- 1) малоуглеродистая сталь — до 6 мм;
- 2) нержавеющая сталь — до 3 мм;
- 3) алюминий и его сплавы — до 1,5 мм;
- 4) медь и ее сплавы — до 1,5 мм.

Шовная или роликовая сварка применяется в основном для получения герметических швов на тонком листовом металле и производится на специальных машинах с роликовыми контактами.

Под отделкой художественных изделий подразумевается целый комплекс различных технологических процессов, который придает изделиям законченный вид. От качества и характера отделки во многом зависит художественная выразительность и целостность произведения. Различают следующие способы отделки: механические, химические и электрохимические (гальванические).

§ 43. КРАЦЕВАНИЕ

Крацевание — обработка изделий при помощи металлических щеток. Оно применяется как подготовительная операция перед дальнейшей химической или гальванической отделкой или как самостоятельный вид отделки главным образом художественного литья. Крацевание придает отливке при обработке ее жесткими щетками законченный вид с характерной матовой поверхностью. При обработке мягкими щетками поверхность приобретает блеск.

Часто при полировке или шлифовке лицевых частей изделия, обратные (левые) и боковые стороны, которые мало просматриваются, обрабатываются путем крацевания. Крацевание производится вручную (ручными щетками) и чаще на специальных станках — при помощи стальных или латунных вращающихся щеток.

Для крацевания твердых металлов — стали и чугуна применяются щетки, изготовленные из стальной проволоки диаметром от 0,15 до 0,2 мм. Для крацевания мягких металлов — цинка, алюминия и других — толщина стальной проволоки берется не более 0,1 мм. Изделия из драгоценных металлов крацуют латунными щетками с толщиной проволоки от 0,1 до 0,2 мм.



Рис. 116. Чеканный серебряный стакан

На рис. 116 показан серебряный чеканный стакан, отделанный на крацовочной щетке.

Крацевание производят при смачивании изделия слабым раствором поташа (3%), а также пивом, квасом (особенно при золочении и серебрении). При отделке серебряных изделий раньше применялись серебряные щетки из 875 пробы.

При крацевании изделие очень слабо прижимается к щетке; если делать сильный нажим, то на поверхности могут образоваться полосы и штрихи от ударов проволоки, особенно при недостаточном смачивании поверхности.

Крацевание применяется также при гальваническом серебрении и золочении для уплотнения осадка.

Рекомендуется следующая оптимальная скорость вращения щетки диаметром 300 мм (в оборотах в минуту): для стали, никеля — 1800—2000; для латуни, меди, бронзы, серебра — 1500—1600; для цинка, олова, свинца, алюминия и его сплавов — 1200—1300.

Другой способ получения гладких поверхностей осуществляется шабровкой.

Шабровка — способ обработки, главным образом, литых (а также ювелирных) изделий для получения гладких чистых и

ровных поверхностей. Шабровка осуществляется ручными или механизированными инструментами — шаберами, имеющими острое заточенное лезвие, при помощи которого снимается с изделия тонкая стружка. Толщина стружки при черновой шабровке 0,05—0,02 мм, при чистовой — 0,02—0,01 мм. Шабровка обычно производится попеременно в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Это позволяет получать наиболее ровные поверхности, без волнистости, которая неизбежно возникает при шабровке в одном направлении.

§ 44. ДЕКОРАТИВНОЕ ИЛИ ОТДЕЛОЧНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

При отделке шлифованием поверхность металла приводится в ровное и гладкое состояние, приближающееся к зеркальному. Это делается в целях придания изделию красивого внешнего вида или подготовки поверхности к дальнейшей отделке — полировке или покрытиям.

В качестве инструмента при шлифовании применяются войлочные круги, на которые наносятся абразивные зерна. Круги выпускаются обычно диаметром 500 мм, толщиной 50 мм (весом около 5 кг). В работе круг изнашивается. Обычно он считается пригодным до размера 175—200 мм.

Хорошее качество и производительность дают крупные (500—600 мм) круги. При шлифовании различных металлов применяются следующие скорости (табл. 28).

Таблица 28

Шлифуемый металл	Окружная скорость, м/сек
Чугун, сталь, никель, хром	до 30
Медь, латунь, бронза, серебро	до 20
Цинк, олово, алюминий и их сплавы	до 15

Чем сложнее профиль изделия, тем скорость делается меньше. Например, при шлифовании тонкого художественного бронзового литья скорость снижается до 10—12 м/сек.

Войлочные круги иногда заменяют кругами из шинельного сукна, сшитыми или склеенными из отдельных дисков. Качество таких кругов ниже из-за отсутствия равномерной твердости, причем этот недостаток усиливается при изнашивании круга. Иногда применяются кожаные круги или деревянные, обтянутые кожей.

На войлочные или кожаные круги наклеиваются мелко раздробленные абразивные материалы (корунд, наждак и др.). Абразивные порошки различаются по величине зерна.

Порошки из абразивов в большинстве случаев приклеивают к кругу столярным клеем. От качества клея во многом зависит качество шлифования и расход абразива. Очень важно хорошо сварить клей — не превышать оптимальной температуры и не доводить клей до кипения.

Когда абразив сработается, его остатки удаляют бруском или смывают горячей водой и снова накатывают.

Для обработки плоскостей применяют также ленточные шлифовальные станки. Они работают не кругом, а лентой. По расположению ленты различают вертикально-ленточные и горизонтально-ленточные станки.

Иногда изделия шлифуют вручную — шкуркой или пемзой.

§ 45. ГОЛТОВАНИЕ

Голтование — процесс массового полирования мелких изделий во вращающихся барабанах при помощи стальных шариков, конусов и т. п.

При вращении барабана мелкие изделия и шарики непрерывно перемешиваются. При этом шарики ударами и трением сглаживают неровности и шероховатости на поверхности изделий. Для создания более чистой поверхности в барабан заливают растворы соды, мыла и другие растворы, которые смывают грязь и ускоряют процесс.

Размеры шариков от 3—5 мм (редко до 8 мм); скорость вращения барабана от 60 до 200 об/мин; продолжительность обработки: 2—8 ч — для латунных штампованных изделий; 10—15 ч — для бронзовых литых изделий; 24—48 ч — для изделий из ковкого чугуна; 70—80 ч — для изделий из серого чугуна.

Барабан загружается на 50—80%, причем шариков по объему берут вдвое больше, чем изделий. Чем сложнее конфигурация изделия и профилировка его поверхности, тем относительно больше требуется шариков, а размеры их должны быть меньше. Мелкие шарики могут проникать в углубленные места и обрабатывать тонкие детали рельефа, которые недоступны крупным шарикам, но при этом удар и давление мелких шариков значительно слабее. Поэтому размер шариков подбирают в зависимости от характера поверхности и формы изделий, подлежащих голтованию. Сильно загрязненные детали перед обработкой обезжиривают.

Чем меньше диаметр барабана, тем скорость его вращения больше. Сложно профилированные детали из мелких металлов лучше голтовать в барабанах колокольного типа (имеющих форму усеченного конуса) с медленным вращением.

Тонкостенные изделия с сильно выступающими деталями



Рис. 117. Серебряные стаканчики, черненные и полированные
[художник Е. П. Шильниковский]

обрабатывать этим способом не рекомендуется из-за возможных повреждений.

Существует разновидность голтования, когда вместо стальных шариков в барабан загружают абразивные материалы (песок, наждак, пемзу). Такая обработка мелких изделий заменяет их шлифование. Иногда в барабан вводят обрезки кожи, опилки, а также венскую известь, трепел и другие материалы.

§ 46. ПОЛИРОВАНИЕ

Полирование — доведение поверхности металла до зеркального состояния, когда луч света не рассеивается, как на шлифованной поверхности, а полностью отражается (рис. 117).

Различают ручное и механическое полирование (электрополирование рассмотрено ниже в § 56).

Ручное полирование применяется главным образом в области ювелирного производства при отделке изделий из драгоценных металлов, а также золоченых и серебряных изделий в тех случаях, когда необходимо придать блеск только отдельным участкам поверхности изделий. Оно производится специальными полировниками из твердого минерала — гематита (красавика), укрепленного в медной оправке и снабженного длинной деревянной рукояткой.

Полировники изготавливаются различных форм (плоские, овальные и т. п.) для обработки поверхностей с различным профилем. Для этой же цели применяются стальные закаленные воронила. Рабочую поверхность полировника или воронила предвари-



Рис. 118. Филигранный кубок
(XVIII в.)

тельно очень хорошо отполировывают до зеркального блеска, а в процессе работы время от времени дополнительно натирают кожей для поддержания абсолютной гладкости.

Процесс полирования заключается в том, что полировником с силой водят по поверхности изделия, при этом сглаживаются все выступы, риски и другие дефекты и поверхность приобретает гладкий зеркальный характер. При полировании поверхность смачивается раствором соды, мыла и т. п. Раньше для этого применяли пиво. Перед полированием изделие отжигается. Это облегчает и ускоряет процесс полирования.

На рис. 118 показан кубок из ажурной серебряной филигрании, которая особенно хорошо выделяется на полированном золоченом фоне.

Механическое полирование осуществляется на тех же станках, на которых производится шлифование, но вместо войлочных кругов обычно применяют хлопчатобумажные круги (или шерстяные), на которые наносится специальная полировочная паста. Сила нажима на круг допускается от 2,5 до 5 кг, при этом изделие быстро и сильно нагревается.

Оптимальные скорости при полировании (в м/сек) следующие: чугуна, стали, хрома и никеля — 30; меди, томпака, латуни, бронзы и серебра — 25; цинка, олова, алюминия и их сплавов — 20.

Наиболее распространенная паста для полирования состоит из окиси хрома и стеарина. Кроме того, часто пользуются пастами ГОИ (Государственный оптический институт), которые выпускаются в трех вариантах и имеют следующий состав (табл. 29).

Таблица 29

Составные вещества	Пасты		
	темно-зеленая	зеленая	светло-зеленая
	грубая	средняя	тонкая
Окись хрома	81	76	74
Силикагель (аморфный кремний)	2	2	1,8
Стеарин	10	10	10
Расщепленный жир	5	10	10
Олеиновая кислота	—	—	2
Сода двууглекислая	—	—	0,2
Керосин	2	2	2

§ 47. ПЕСКОСТРУЙНАЯ ОТДЕЛКА

Пескоструйная отделка применяется для получения матовых поверхностей. Эта операция производится в пескоструйных камерах и представляет собой обработку поверхности изделий сухим песком, который подается под давлением по резиновому шлангу при помощи сжатого воздуха. В зависимости от размеров зерен песка получается различная фактура — от нежно-бархатистой до грубо-зернистой. Размеры зерен песка подбирают также в соответствии с материалом, который подлежит обработке, например:

1) для тонкого листового металла (чеканных, штампованных изделий), а также для получения наиболее мелкой бархатистой фактуры — 0,05—0,15 мм;

2) для более толстого материала — поделочного железа, а также литья — 0,2—0,5 мм;

3) для крупных деталей экстерьерного декора из чугуна, бронзы или алюминия — 0,5—1,5 мм;

4) для получения грубых фактур применяют песок 2—2,5 мм. Иногда для отделки металлических изделий применяется также стальная дробь или гранулированные зерна белого чугуна.

Дробеструйная обработка имеет следующие преимущества:

- 1) дробь служит дольше песка и не требует сушки;
- 2) на 10—15% снижает расход сжатого воздуха;
- 3) поверхность металла не только отделяется, но и упрочняется, приобретая наклеп;
- 4) аппаратура (сопло) изнашивается меньше.

В зависимости от размера дроби поверхностное упрочнение (наклеп) происходит на глубину от 0,1 до 0,3 мм. Чем крупнее дробь, тем больше след от ее удара, тем грубее фактура, получаемая в результате дробеструйной обработки.

Металлические покрытия широко применялись в древности и применяются сейчас при производстве художественных изделий из металла.

Цель покрытия одного металла другим заключается в том, что сплавы или металлы, менее стойкие против коррозии, закрываются более стойкими и обычно более декоративными.

Различают анодные и катодные покрытия. Анодным называется металлическое покрытие, у которого электродный потенциал (§ 3) меньше потенциала основного металла, т. е. металла, из которого сделано изделие. В процессе электрохимической коррозии анодные покрытия постепенно растворяются и предохраняют основной металл от разрушения не только механически, но и электрохимически. Анодные покрытия не теряют своего защитного действия, если на них имеются риски, царапины и другие внешние дефекты.

Катодные покрытия имеют потенциал больше, чем у основного защищаемого металла, из которого сделано изделие. Поэтому катодное покрытие выполняет свое назначение только механически и до тех пор, пока оно полностью изолирует защищаемый металл от контактов с внешней средой. При нарушении катодного покрытия — появлении трещин, царапин и других повреждений — его защитные действия не только пропадают, но коррозия основного металла еще более усиливается за счет образования гальванопары с катодным покрытием. Примером анодного покрытия для железных сплавов являются цинк, кадмий, а катодного: медь, олово, никель, серебро, золото.

Покрытие одного металла другим может осуществляться различными способами:

- 1) в твердом состоянии (биметаллы, плакирование, накладное серебро, сусальное золото и т. п.);
- 2) в жидком, расплавленном состоянии (горячие покрытия);
- 3) в форме ртутной амальгамы (см. § 37);
- 4) в распыленном состоянии (металлизация);
- 5) электролитический способ (см. § 58).

§ 48. ПЛАКИРОВАНИЕ

Эта технология получила свое название от французского слова «плаке» (покрывать). Она изобретена в Англии в 1742 г. для изготовления художественных медных изделий, покрытых сплошным толстым слоем драгоценных металлов (серебра или золота) — более толстым, чем при обычном серебрении или золочении.

Для этого предварительно заготавливали медные листы, покрытые серебром. В настоящее время такие двуслойные листы называются биметаллами.

Широко применяются биметаллы, состоящие из слоев двух разных металлов или сплавов. Например, железа и меди, дюралюминия и чистого алюминия, углеродистой стали и нержавеющей стали и т. п.

Обычно основной слой листа состоит из более дешевого, но не стойкого против коррозии металла, а снаружи он покрыт тонким слоем устойчивого и более декоративного металла или сплава.

Применение таких двухслойных листов позволяет значительно экономить дефицитные металлы, например нержавеющую сталь, которая в четыре-пять раз дороже обычной углеродистой стали.

Особый вид накладного серебра представляют собой изделия из латуни, на которые уже в готовом виде напаивалась оловом серебряная фольга толщиной 0,01 мм. Готовое изделие лудили оловом, смазывали салом и накладывали фольгу, тщательно притирая ее полировником, а затем изделие нагревалось до плавления олова. Сало играло роль флюса.

§ 49. СУСАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Сусальное золочение и серебрение представляет собой широко распространенный способ покрытия драгоценными металлами различных художественных изделий, главным образом экстерьерного характера. Он заключается в том, что на поверхность изделия наклеиваются тончайшие листочки золота, серебра или так называемого двойника — двухслойного листочка из серебра и золота, а также потали — из серебра и меди. Этот способ из-

вестен с глубокой древности. На Руси им широко пользовались для золочения крыш, шпилей, церковных глав, крестов и других элементов архитектуры, выполненных из металлов, а также для золочения дерева, гипса, штукатурки и прочих неметаллических материалов.

Для получения тончайших листочков золото или серебро расковывалось между специальными прокладками из «снасти», или «плёвки», которую готовили из оболочки говяжьих внутренностей. Такие прокладки позволяли получать гладкие и очень тонкие листочки золота и серебра. Выделывание из золота тончайших листочков для золочения называлось золотобойным мастерством и было известно с глубокой древности. О нем упоминают Гомер и Плиний.

Современная «книжка» золота содержит 60 тончайших золотых листочков размером 6×12 см, между которыми проложена папиросная бумага, чтобы они не слипались между собой. Вес книжки обычно в пределах 1,5 г. Золото можно довести до толщины, меньшей чем 0,0001 мм и листок площадью 1 дм² будет весить всего 13 миллиграммов. Такое тонкое золото становится прозрачным и пропускает зеленые лучи, но для золочения оно применяется редко, так как становится непрочным. Обычно для получения желтого сусального золота применяется золото, лигатуренное медью от 930 до 990 пробы, но иногда для получения цветного зеленого золота, чтобы разнообразить оттенки позолоты, применяют 750 пробу, лигатуренную серебром (см. § 17).

Различают матовое морданное и блестящее полиментное золочение. Для получения матовой позолоты применяют специальный морданный лак, состоящий из старой натуральной олифы, мелко размолотого сурика и камеди (вишневого клея), иногда разведенного скипидаром. На подготовленное изделие наносят морданный лак, дают ему слегка просохнуть и на отлип кладут сусальное золото. Листочки берут при помощи «лапки» — широкой кисточки, слегка смазанной коровьим маслом. Золото пристаёт к кисточке, но к мордану липнет сильнее.

Для получения блестящего золота применяют полимент, состоящий из жирной, тщательно очищенной глины, пчелиного воска, мыла, сала, а иногда и яичного белка. Вся эта смесь варится и тщательно перемешивается. Готовый полимент наносится ровным, тонким слоем на изделие, подлежащее золочению, просушивается и тщательно шлифуется. Затем изделие смачивается и быстро накладывается золото. После просушки оно полируется лощиком из агата.

В Древней Руси железные изделия перед золочением имели специальную подготовку. Для этого поверхность многократно покрывалась железным суриком или охрой, разведенной на масле. Таким образом, между железной основой и золотым покрытием оказывался слой краски, исключаящий возможность непо-

средственного контакта между золотом и железом, а следовательно, и невозможность возникновения гальванопары.

Этим объясняется высокая стойкость сусального золочения по железу в экстерьере, несмотря на то что по своей природе оно является катодным покрытием.

§ 50. ГОРЯЧИЕ ПОКРЫТИЯ

В современном производстве очень часто применяются горячие покрытия. Для этого защитный слой из устойчивого против коррозии металла наносится на поверхность в жидком, расплавленном состоянии. Примером горячего покрытия является лужение — покрытие оловом, кадмирование и особенно часто цинкование или шерардизация.

Способ горячего покрытия прост и высокопроизводителен. Он заключается в том, что листы, прутки, трубы или готовые изделия после соответствующей подготовки и очистки окунают в расплавленный металл и быстро вынимают. На изделиях образуется сплошной, тонкий слой из защитного металла, хорошо противостоящий коррозии. Особенно хорошие результаты дает обработка готовых изделий. В этом случае расплавленный металл проникает во все швы и щели изделия и надежно защищает его от коррозии (например, цинкованные ванны, ведра и т. п.).

При производстве горячих покрытий необходимо, чтобы:

- 1) наносимые металлы были легкоплавкими;
- 2) температура плавления изделия была значительно выше температуры плавления металла, предназначенного для его покрытия.

§ 51. МЕТАЛЛИЗАЦИЯ

Своеобразным способом нанесения металлических покрытий является металлизация, или шоопирование. Сущность этого способа заключается в том, что металлическая проволока плавится в специальном аппарате-металлизаторе и под действием сжатого воздуха распыляется.

Мельчайшие частицы с большей скоростью устремляются из аппарата и осаждаются на поверхности изделия, образуя сплошное покрытие. Полученный таким способом слой металла можно шлифовать, полировать, а также подвергать различным оксидировкам.

В настоящее время применяется два типа металлизаторов — газовый и электрический. В газовом металлизаторе плавление проволоки осуществляется за счет температуры, получаемой от

сгорания ацетилена в среде кислорода; в электрическом — за счет вольтовой дуги.

Наиболее производительным является трехфазный металлизатор, изобретенный инженером А. И. Пономаревым. Он в два-три раза превосходит обычный однофазный металлизатор по производительности и может распылять за 1 ч до 10—12 кг металла.

Кроме того, используя трехфазный металлизатор, можно одновременно плавить проволоки из разных металлов. Это позволяет получать покрытия из новых сплавов, образованных из смеси частиц различных металлов.

Недостаток способа металлизации заключается в том, что частицы металла, вылетая с большой скоростью из аппарата, быстро остывают во время полета и соединяются лишь механически, не сплавляясь друг с другом.

В результате плотность покрытия оказывается значительно ниже плотности литого или катаного металла. Это видно из сравнения удельного веса распыленного и литого металла (табл. 30).

Таблица 30

Металлы	Удельный вес покрытия	Удельный вес литого металла
Алюминий	2,31	2,70
Цинк	6,34	7,14
Медь	7,51	8,94

Понижение плотности зависит от того, что покрытие, полученное распылением, имеет множество пор, через которые к защищаемому металлу может проникать влага и другие химические вещества, вызывающие коррозию. Поэтому способ металлизации с точки зрения защиты от коррозии является в большинстве случаев недостаточным и требует дополнительных мероприятий (пропитки лаками и т. п.).

Однако благодаря декоративным свойствам этого способа он находит довольно широкое применение в отделке художественных изделий из металла. Этим способом можно наносить любые металлы (сталь, бронзу, латунь, цинк, медь) на металлические и неметаллические изделия из дерева, гипса, цемента, бумаги (папье-маше) и других материалов.

Металлизация применима для изделий любой формы и размеров, причем работа может вестись как на заводе, так и непосредственно на строительстве без демонтажа крупных изделий на составные части. Толщина слоя может быть любой, но обычно применяют от 0,01 до 0,5 мм.

Перед металлизацией детали обрабатываются пескоструйным аппаратом для создания шероховатой поверхности, на которой мельчайшие частицы металла прочнее держатся. Детали из гипса и цемента перед металлизацией хорошо просушивают, и они содержат не более 5% влаги. При формовке гипсовых изделий, подлежащих металлизации, не следует применять стеариновых смазок — лучше мыльную воду. При металлизации дерева процент влажности должен быть не более 18%. Лучше покрываются липа, дуб, клен, ясень — материалы, не выделяющие смолы; их предварительно необходимо ошкурить стеклянной бумагой № 4—5.

Применяются следующие виды покрытий способом металлизации:

- 1) алюминиевые — для стальных и чугунных изделий;
- 2) медные, бронзовые, латунные — для стальных, алюминиевых и чугунных изделий; они требуют свинцовых или цинковых подслоев;
- 3) никелевые — для стальных деталей; они наносятся по цинковому подслою;
- 4) нержавеющая сталь (хромоникелевая) — для стальных изделий; применяется как декоративное и антикоррозийное покрытие.

Поверхность изделий, обработанная металлизацией, имеет мелкозернистую матовую структуру, несколько напоминающую покраску порошком.

Для придания изделиям вида литого металла применяются:

- 1) крацевание, имеющее слой не тоньше 0,1 мм;
- 2) шлифование — слой не тоньше 0,25—0,3 мм;
- 3) полирование — слой не тоньше 0,4—0,5 мм.

Металлизированные детали из гипса и дерева нельзя шлифовать и полировать и толщина их покрытия составляет 0,05 мм.

Металлизированные изделия можно оксидировать (тоннировать) в различные цвета химическим способом, а также покрывать бесцветным лаком, который предохраняет их от потемнения.

§ 52. лаки

Неметаллические покрытия — это покрытия лаками, красками и эмалями.

В художественной промышленности, а также в архитектуре лакокрасочные покрытия применяются очень часто — они составляют примерно 50%. Так же, как и другие виды покрытий, они защищают изделия от коррозии, изолируют металлические изделия от внешней среды и в то же время являются декоративно-отделочными.

Преимуществом этого вида покрытий является простота выполнения, достаточная стойкость и экономичность.

Недостатки его — недолговечность и невысокая художественная ценность.

Лакокрасочные покрытия разделяются на две группы:

- 1) лаки — покрытия бесцветные или слабо подсвеченные, прозрачные или глухие;
- 2) краски — покрытия, отличающиеся от лаков присутствием красителей.

Лак представляет собой растворитель, в котором растворена смола.

В качестве растворителей раньше наиболее часто применялись различные высыхающие масла растительного происхождения. Будучи нанесенными на металл, они образуют тонкий слой, который полимеризуется, т. е. загустевает и затем затвердевает в виде тонкой блестящей водонепроницаемой пленки. Скорость высыхания масел увеличивается с повышением температуры, действия света, а также добавлением сиккативов (химическое соединение свинца, кальция, марганца, кобальта).

В качестве растворителей сейчас применяются бензин, бензол, спирты, эфиры, скипидар, ацетон. Многие из них ядовиты, например, метиловый спирт и серный эфир; другие огнеопасны, поэтому применять их следует ограниченно.

В качестве наполнителей в лаках применяются различные смолы — вещества органического происхождения, имеющие некристаллическое строение. Они очень разнообразны по происхождению и свойствам; при нагреве они размягчаются и расплавляются; хорошо растворяются в растворителях и нерастворимы в воде.

Важнейшие виды смол:

Бакелит — искусственная смола, получаемая варкой фенола (карболовой кислоты) с формалином в присутствии аммиака.

Глифтал — искусственная смола, получаемая из глицерина и фталевого ангидрида; он более стоек по сравнению с бакелитом.

Виниловые смолы — искусственные, светлые и прозрачные вещества сложного состава.

Силиконы — искусственные смолы; они не гигроскопичны и выдерживают температуру до 300°.

Битумы — продукты перегонки нефти; они нерастворимы в спирте.

Шеллак — натуральная смола из тропических растений. Собранную смолу плавят и разливают на железный лист. При охлаждении слой распадается на мелкие чешуйки — в этом виде она и поступает на производство; плавится при 100—120°.

Канифоль — продукт, получаемый из смолы сосны, ели и лиственницы. Размягчается при 70°; плавится при 100—110°; растворяется в спирте, ацетоне, растительных маслах.

Копалы — ископаемые смолы, напоминающие янтарь, и



Рис. 119. Декоративная чеканная пластинка из алюминия с применением нитроэмали

[художник Л. Х. Линакс]

даммара — смола тропического растения с о. Цейлон. Это — дорогие природные смолы, применяемые для приготовления лаков, употребляемых в живописи и при реставрации художественных изделий. Иногда в специальные лаки добавляют воск, парафин, церезин и стеарин.

§ 53. КРАСКИ

В качестве растворителей для красок, предназначенных для окраски металлов, обычно применяют различные масла (масляные краски) или нитросоединения типа ацетона, нитролака и др.

Такие краски называются эмалевыми. Они быстро сохнут и образуют гладкую сливающуюся поверхность.

На рис. 119 показан чеканный рельеф из алюминия с применением холодной эмали.

В качестве наполнителей в красках служат красочные пигменты, которые представляют собой или тонко растертые цветные соли и окислы различных металлов (окись хрома, кобальта и т. п.), или натуральные пигменты.

Окраска может производиться кистями или из специальных приспособлений типа аэрографов — методом распыления. При этом для меньшей потери краски работа обычно производится в электростатическом поле, благодаря которому мельчайшие капельки краски притягиваются окрашиваемой поверхностью. Клеевые краски, разводимые на воде, для окраски металлов не пригодны.

Для качественной отделки художественных изделий, покрываемых различными покрытиями, необходимо выполнение следующих требований:

лакокрасочные покрытия не содержали кислот, щелочей, которые, растворяясь в воде, делают электролитом и способствуют возникновению электрохимической коррозии;

покрытия быстро высыхали и образовывали прочную непроницаемую для воды пленку;

покрытия обладали укрывистостью, т. е. легко наносились и разравнивались по поверхности изделия;

цвет и блеск покрытия был устойчив и по возможности не изменялся во времени.

Чаще всего лакокрасочные покрытия применяются для защиты от коррозии экстерьерных изделий из листовой или фасонной стали (шпиль, решеток и других архитектурных деталей).

Раньше лучшие результаты давала покраска стальных изделий железным суриком или охрой на натуральной олифе. В настоящее время применяют лакомасляные эмали, нитроэмали на нитроцеллюлозных лаках, на лаке из бакелитовых смол и другие эмали.

Для изделий из алюминиевых сплавов применяются масляные эмали и лаки бакелитового типа, а из красителей — цинковые (белила или крон).

Магниевого сплавы — не очень хорошо срачиваются с лакокрасочными покрытиями. Лучше всего держится грунт из цинкового крона на олифе или на лаке из искусственных смол.

Медь не требует лакокрасочных покрытий, но иногда декоративные изделия, предназначенные для интерьера и выполненные из меди и ее сплавов, покрывают золотистым спиртовым лаком для придания изделию золоченого вида.

Крупные медночеканные скульптуры, спаянные на олове, также раньше окрашивались, чтобы скрыть швы. Теперь с применением сварки окраска крупных фигур нецелесообразна, их оксидируют, или пользуются естественными патинами.

Окраска алюминиевым и бронзовым порошком, разведенным на лаках (масляных, спиртовых, нитролаках), для экстерьера малоэффектна, так как она очень быстро темнеет, особенно бронзовый порошок в условиях города от сернистых газов, находящихся в воздухе. Алюминиевые порошки более стойки, особенно в загородных условиях, где воздух чище.

В интерьере бронзовые и алюминиевые порошки стоят значительно дольше, но по своему художественному эффекту они все же очень невысоки и не могут быть рекомендованы.

В художественном отношении цвет металлов и сплавов довольно однообразен — это сероватые серебристые или слегка голубоватые тона. Исключение составляет золото, имеющее интенсивно желтый цвет, и медь, обладающая характерным горячим красным цветом. Кроме того, латуни и бронзы имеют желтоватые и зеленоватые тона, а сплавы никеля и меди, именуемые французским, немецким, американским золотом, иногда очень близко подходят к цвету золота.

В практике художественной отделки изделий из металла очень часто требуется получать более разнообразные цвета и оттенки: то более теплые желтоватые, коричневые, красноватые или зеленоватые — при отделке из бронзы и латуни, то голубоватые, синеватые или черные — при отделке стальных и чугунных изделий. Такие цвета и оттенки легко получаются при химической отделке художественных изделий из металла.

§ 54. ОКСИДИРОВАНИЕ И ПАТИНИРОВАНИЕ

К химическим способам отделки относится оксидирование и патинирование. Сущность химической отделки заключается в следующем. Под действием различных химических веществ на поверхности металла происходит реакция с образованием новых химических соединений, которые прочно (более или менее) соединяются с основным металлом и придают ему тот или иной цвет. Образующиеся соединения в большинстве случаев являются кислородными (окиси, закиси). Такой процесс называется оксиди-

ровании. Если же образуются сернистые, хлористые и другие соединения, то в этих случаях процесс правильно называть патинированием.

Иногда химическая отделка является очень стойкой, не изменяется даже при нагревании или действии слабых кислот; в других же случаях пленки непрочны, легко стираются, или смываются водой. Для придания им прочности изделия после оксидировок закрывают бесцветным лаком.

Процесс оксидирования сильно отличается от покраски — образуется очень тонкая пленка — в пределах сотых долей микрона.

Получение прочных защитных пленок в области художественной промышленности применяется очень широко. Это обусловлено тем, что кроме антикоррозионных свойств они обладают декоративными качествами и значительно расширяют цветовую палитру художника-металлиста. В современных условиях химическим способом можно получать самые разнообразные цвета и оттенки на поверхности художественных изделий из металлов и сплавов.

Для выполнения оксидирования и патинирования применяются следующие способы:

Обработка в водных растворах солей в холодном состоянии или с подогревом, например, обработка серебряных изделий в водных растворах серной печени, с образованием прочных сернистых соединений серебра красивых коричневатых, синеватых и черных оттенков, напоминающих старое серебро.

Обработка в крепких кислотах или щелочах, например, обработка алюминия в азотной кислоте с образованием очень стойкой пленки из окиси алюминия.

Обработка масляными веществами с последующим нагреванием, например, тонирование художественного литья из чугуна, применяемое на заводах Кусы и Касли. Оно заключается в том, что готовое изделие покрывают натуральной олифой и нагревают в печи до 400°, в результате чего на поверхности образуется прочная красивая пленка черно-коричневого цвета.

Обработка в расплавах солей — отделка стальных, полированных изделий путем погружения в расплавленную натриевую селитру при температуре 310—350°. В течение от 1 до 3 мин на поверхности детали образуется тонкая, но очень прочная пленка из азотистых соединений красивого синего цвета.

Обработка изделий газообразными веществами, например, обдувание горячим сероводородом бронзовых статуй для получения красивой и прочной сернистой пленки.

Однако не все пленки, получаемые в результате химических процессов, одинаково прочны. Наряду с очень стойкими, многие из них недостаточно прочны и не обеспечивают надежной защиты от коррозии. Несмотря на это, многие из таких непрочных

пленок все же широко применяются в художественной промышленности, благодаря высоким декоративным и художественным качествам.

Наряду с искусственным оксидированием часто пользуются естественными патинами, которые появляются на художественных изделиях под воздействием атмосферных явлений, например, бронзовые скульптуры в условиях экстерьера сравнительно быстро покрываются так называемой естественной патиной. Это объясняется тем, что в воздухе всегда присутствует кислород, под действием которого происходит окисление меди. Медь, окисляясь, образует на поверхности скульптуры окисные соединения, имеющие зеленые тона, а также закисные соединения черного цвета. Особенно быстро этот процесс протекает в атмосфере больших современных городов, где в воздухе, кроме кислорода, содержится большое количество сернистых газов, которые ускоряют процесс появления патины за счет образования сернистых соединений. Примером такой естественной патины может служить пленка, появившаяся на памятнике Юрию Долгорукову в г. Москве.

Кроме естественной «благородной» патины, на бронзовых скульптурах часто появляются очень вредные и опасные «дикие» патины, разрушающие скульптуру. Они распространяются не только по поверхности скульптуры, но и в глубину. Это хлорные и хлористые соединения меди, имеющие ярко зеленый цвет и появляющиеся в условиях сырости и повышенной влажности.

Разработано огромное разнообразие всевозможных приемов химической отделки металлов, которые широко применяются в различных отраслях промышленности. Для отделки стальных изделий применяют, например, такой наиболее распространенный прием. Подготовленные изделия погружают в раствор следующего состава: каустической соды — 700 г, нитрита натрия — 250 г, нитрата натрия — 200 г на литр.

Температура раствора 135—145° — в течение всего процесса раствор должен кипеть.

Для отделки предметов из меди и медных сплавов, а также омедненных и латунированных изделий в коричневые и серые тона применяют серную печень, приготовленную из одной части серы и двух частей поташа. Смесь подогревают 15—20 мин при постоянном помешивании до полного сплавления. Получается густая масса серовато-коричневого цвета с запахом сероводорода.

Остывшая и затвердевшая серная печень хранится в стеклянной банке с притертой пробкой и по мере надобности разводится в теплой воде. В этот раствор погружают изделия. Крупные изделия покрывают кистью или тампоном. Раствор 5—10 г на литр — дает коричневый тон, 10—15 г на литр — серые тона. Процесс протекает быстро — при комнатной температуре (18—20°) в те-

чение 2—3 мин. Более суток раствор хранить нельзя, так как он теряет свои свойства. Растворы серной печени применяются также и для отделки серебра. Вместо серной печени можно применять раствор сернистого аммония — 20 г на один литр воды. Он дает различные оттенки — от светлого до темных коричневых тонов в зависимости от температуры изделия, которое предварительно нагревают и погружают или покрывают раствором.

При отделке изделий из латуни в желтый, малиновый, фиолетовый, синий и серый цвета в процессе оксидирования цвета быстро сменяют друг друга, поэтому изделие следует быстро вынуть из раствора, как только будет получен желаемый цвет, промыть, просушить и закрыть бесцветным лаком, так как пленка малопрочна. Приготавливают раствор серноватистокислого натрия (гипосульфита) 130 г на 1 л горячей воды. В другом литре горячей воды растворяют 35 г кристаллического свинцового сахара (азотнокислый свинец). Оба раствора смешивают.

Протравленные в азотной кислоте и промытые изделия при постоянном движении погружают в нагретую смесь раствором до 80°С и при получении желаемого цвета вынимают.

Для отделки бронзовых изделий в серый цвет используют хлористую сурьму (сурьмяное масло), которую натирают щеткой по готовому изделию, и получается серо-стальной цвет — очень прочная отделка.

§ 55. ГАЛЬВАНОСТЕГИЯ

Гальваностегия — процесс покрытия поверхности одного металла другим при помощи осаждения его из водных растворов солей под действием электрического тока (или без него). Первые электрохимический способ был изобретен русским ученым Б. С. Якоби — основателем гальванопластики — в 1836 г.

В 1837 г. в Петербурге, в Академии наук демонстрировались первые его опыты, за которые он получил Демидовскую премию Петербургской Академии наук и большую золотую медаль Французской Академии наук.

Это было первое применение электричества в промышленности, первое электрохимическое производство. С тех пор гальваностегия широко применяется во многих областях самых различных производств и особенно в художественной промышленности.

В настоящее время гальваническим способом можно осаждать любые металлы и сплавы. Особенно часто в области художественной промышленности применяются следующие покры-

тия: медные, латунные, никелевые, хромовые, серебряные и золотые.

Покрyтия, полученные гальваническим способом, отличаются высокой декоративностью, прочностью и экономичностью, так как толщина покрытия обычно не превышает нескольких микрон.

Сушность электрохимического осаждения металлов из водных растворов солей заключается в следующем. При растворении солей в воде они распадаются на положительные и отрицательные частицы, которые называются ионами. Если через такой раствор пропустить электроток (одного направления — постоянный), то положительно заряженные ионы будут стремиться к отрицательному полюсу, а отрицательные к положительному полюсу. Этот процесс носит название электролитической диссоциации. Электрод, соединенный с положительным полюсом, называется анодом, а электрод, соединенный с отрицательным полюсом, называется катодом. Так как ионы металлов заряжаются положительно (§ 3), то при электролизе они направляются к отрицательному полюсу и осаждаются на изделии, которое служит катодом.

Практически в гальванической ванне в качестве анодов используются пластины из того металла, которым необходимо покрыть изделие, а в качестве катодов служат изделия, которые покрывают этим металлом.

Исключение составляет хромирование, где аноды употребляют свинцовые, а иногда и золоченые, когда из экономических соображений пользуются нерастворимыми (угольными, платиновыми или стальными) анодами. Аноды изготовляются из высших марок металлов, в которых количество посторонних примесей минимально.

§ 56. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ПОД ПОКРЫТИЯ

Поверхность изделия перед покрытием должна быть совершенно чистой — это обеспечивает нормальное сцепление основного металла с осажденным, а также хорошее качество самого осаждаемого металла.

Для очищения поверхности применяют три вида обработки, которые дополняют друг друга: механическая, химическая и электрохимическая.

Механическая обработка. Эта обработка включает шлифование и полирование, если надо иметь гладкую поверхность; кроме того, применяют пескоструйную обработку и крацевание для более или менее матовой поверхности.

Однако после шлифования и полирования на изделии остаются жировые пленки и другие загрязнители, в том числе остатки

стеариновых и олеиновых кислот и окиси хрома, которые наносятся на изделие в виде пасты во время полирования.

Химическая обработка. Цель этой обработки — удаление с поверхности изделия окисных пленок, которое осуществляется путем травления, остатков флюса (буры) — путем отбеливания, жировых пленок и загрязнений — путем обезжиривания.

При травлении применяются сильные кислоты — серная, азотная, соляная или их смеси. Их составы бывают различны. Наиболее распространены для меди и медных сплавов «отравы» следующего состава: 5 л азотной, 1 л серной кислоты и 50 г поваренной соли; смесь азотной и серной кислот в равных количествах с добавкой 5—10% поваренной соли; иногда к ней добавляют еще сажу (она восстанавливает окислы азота).

Приготовление отравы. В азотную кислоту добавляют небольшими порциями серную; этот раствор перемешивают и охлаждают, затем в совершенно остывший раствор вводят соль и сажу.

При отбеливании пользуются слабым раствором серной кислоты — холодным или горячим (для ускорения). При отбеливании удаляется главным образом бура, если она осталась после пайки, так как при травлении она не удаляется.

Приготовление отбела. Серную кислоту добавляют в нужное количество воды, не следует воду лить в серную кислоту, так как в противном случае кислота разбрызгивается и может обжечь работающего.

На 100 г воды добавляют 5—15 г серной кислоты.

Обезжиривание. Этот процесс осуществляется последовательным применением следующих операций:

- 1) изделие промывают в бензине, ацетоне, дихлорэтано;
- 2) протирают при помощи щетки венской известью (тонко размолотый свежееобожженный известняк);
- 3) промывают в горячих (95—100°) щелочах в течение 3—10 мин (после обезжиривания изделия тщательно промывают в горячей воде).

Раствор составляется так: едкий калий 10—20 г на литр горячей воды.

Электрохимическая обработка. Электрохимическая обработка дает наиболее тщательную очистку наиболее загрязненных изделий. Она применяется для обезжиривания поверхностей. Для этого изделия загружаются на катод; анодом служит лист нержавеющей стали; анод не растворяется.

При прохождении тока в растворе возникают ионы водорода. Они движутся по направлению к катоду и механически сбивают частицы жира с изделия. При прохождении водорода раствор перемешивается и тем ускоряется обезжиривание. Кроме того, под действием водорода жир частично омыляется в эмульсию (эмульгирование жиров).

Недостатками этой обработки является то, что водород может поглощаться металлом, и он приобретает хрупкость. Чтобы предупредить это явление, необходимо на несколько минут переключать катод на анод, при этом водород выходит из металла. Кроме того, электролит имеет малую рассеивающую способность, поэтому глубоко профилированные изделия и детали с отверстиями не могут быть обезжирены этим путем.

Состав раствора для обезжиривания на один литр воды: едкий натрий — 15—25 г, углекислый натрий — 15 г, тринатрийфосфат — 15 г, жидкое стекло — 3 г, напряжение тока — 6—9 в, плотность тока — 3—10 а/дм².

Процесс длится 3—5 мин (из них 2—4 мин на катоде и 0,5—1 мин на аноде). Поверхности анода и катода должны быть примерно равными по площади.

Для обезжиривания меди и ее сплавов применяется холодная ванна, а для стали — нагретая до 90—95°.

Применяются также и приемы гальванического травления. Они разработаны главным образом для черных металлов. При этих процессах избегается «водородная хрупкость», которой трудно избежать при простом (химическом) травлении. В качестве электролита применяются растворы серной кислоты, для анодов — свинец.

Кроме того, для получения блестящих поверхностей применяется электрополирование. В настоящее время электрополирование находит широкое распространение, и в некоторых областях оно вытесняет механическое полирование благодаря своей экономичности и простоте работы, например, в области ювелирного, галантерейного и посудного производства. Электрополирование придает изделию не только декоративный внешний вид, но и способствует устойчивости против коррозии.

Сущность этого процесса заключается в следующем. Изделие помещают в электролит в качестве анода. Поверхностные выступающие участки изделия растворяются, и общая поверхность сглаживается и приобретает глянец, так как в электролите поверхность изделия покрывается вязкой пленкой, обладающей очень низкой электропроводностью. Эта пленка образуется из продуктов поверхностного растворения изделия и располагается по поверхности неравномерно — в углублениях она более толстая, а на выступах тоньше. Это вызывает концентрацию силовых линий на выступающих частях и их быстрое растворение.

В качестве электролитов применяют смеси серной и ортофосфорной кислот в различных отношениях и концентрациях с небольшими добавками — от 3 до 20% хромового ангидрида. Процесс протекает при повышенных температурах (до 70—90°) для полирования стальных изделий и при обычной комнатной температуре (без подогрева) для изделий из меди и ее сплавов. Продолжительность процесса 2—15 мин.

§ 57. ОБОРУДОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

Источники тока. Для гальваностегии пригоден только постоянный ток, т. е. ток, идущий в одном направлении. Источниками тока служат: генераторы постоянного тока, выпрямители (селеновые или купроксные), аккумуляторы, а также элементы или батареи.

Гальванические ванны для электролита. Для гальванических ванн употребляются сосуды из различных материалов в зависимости от состава растворов, для которых они предназначаются.

Размеры ванн зависят от размера покрываемых изделий. При этом соблюдаются следующие условия:

- 1) расстояние между дном ванны и изделием равняется не менее 5—10 см;
- 2) толщина слоя электролита над изделием не менее 5 см;
- 3) расстояние от зеркала электролита до края ванны не менее 10 см.

Материалы, рекомендуемые для футеровки ванны, приведены в табл. 31.

Таблица 31

Процессы	Раствор	Материалы				
		голый свинец	резина	хлорвинил	керамика	эмаль
Меднение	Кислый	+	+	+	+	—
Никелирование		+	+	+	+	+
Хромирование		+	—	—	—	—
Цинкование	Щелочистый	+	+	+	+	—
Серебрение		—	+	—	+	+
Золочение		—	—	—	+	+
Анодирование алюминия	Серная кислота	+	+	+	+	—

Обогрев ванн. Многие процессы гальваностегии, например, золочение, хромирование, требуют повышенной температуры. Существуют следующие способы подогрева электролита.

Электрические приборы с электроспиральями, которые укрепляются на дно ванны или опускаются непосредственно в электролит. В этом случае спирали изолируются от электролита защитными кожухами. В зависимости от электролита кожухи изготавливаются из стали для щелочных ванн или из фаянса и фарфора для кислых ванн.

Парообогрев — посредством трубопроводов и змеевиков, которые укладываются на дно ванны, и по ним пропускают горя-

чий пар. Для щелочных ванн применяют стальные трубы, для кислых — свинцовые.

Обогрев горячей водой (ванны с водяной рубашкой). Для этого ванны делаются с двойными стенками, и между ними циркулирует горячая вода. Этот способ очень удобен, не требует частой очистки, легко регулируется. Недостатком этого способа является то, что он не позволяет поднять температуру в ванне выше 80°.

Перемешивание электролита. Для нормальной работы ванны необходимо, чтобы концентрация электролита была везде одинаковой. Но так как в процессе осаждения металла электролит вокруг изделия приобретает меньшую концентрацию, его необходимо перемешивать. Существует несколько способов перемешивания электролита.

Работа с анодом в руке. Это простейший прием, пригодный для золочения и серебрения. Передвигая анод в электролите, последний перемешивается, и осаждение металла происходит из различных участков ванны.

Поступательно-возвратное движение катода. Изделия подвешиваются к штангам, которые соединены с эксцентриком, вращающимся от мотора. При этом изделие двигается вдоль ванны вперед и назад, перемешивая электролит.

Перемешивание механическими мешалками, приводимыми в движение от мотора.

Продувание воздухом. По дну ванны прокладываются трубы с отверстиями; в трубы подается под давлением воздух. Проходя через электролит, воздух перемешивает его.

Перемешивание полуавтоматами и автоматами — специальными приспособлениями, которые движут катод (изделие) вдоль ванны. Перемешивание происходит за счет трения катода (изделия) об электролит. При перемешивании изделие проходит мимо целого ряда анодов, повертываясь к ним различными сторонами. Этим достигается большая равномерность покрытия, чем в обычных ваннах. Приспособления представляют собой транспортер, который передвигает катоды вдоль длинной ванны или нескольких ванн из одной в другую. Специальный автоматический регулятор обеспечивает прерывистый ход транспортера при переходе из одной ванны в другую, его скорость — 0,2—2,5 м в минуту.

§ 58. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

В зависимости от условий, в которых будет находиться изделие, подлежащее гальваническому покрытию, толщина наращенного слоя металла бывает различна.

Различают три группы условий работы:

Жесткие условия работы — это наружная атмосфера, загрязненная промышленными газами или испарением морской воды; воздействие грязи, пыли и частого захвата руками;

средние условия работы — закрытые помещения, но с повышенной влажностью; неотапливаемые помещения или экстерьер сельской местности, где в атмосфере отсутствуют вредные газы;

легкие условия работы — сухие отапливаемые помещения.

В соответствии с условиями выбирается покрытие, при этом обязательно учитываются его художественные качества. Как указывалось выше, в области художественной промышленности наиболее часто применяются омеднение, никелирование, хромирование, серебрение и золочение.

Омеднение. Медные покрытия для антикоррозионных и декоративных целей применяются только для интерьерных условий, так как на воздухе медь легко окисляется и теряет свой цвет и блеск. При действии сернистых соединений медные покрытия быстро темнеют и чернеют, при действии углекислых и хлористых соединений они зеленеют.

Для защиты стали от коррозии в жестких условиях омеднение совершенно не годится, так как при повреждении медного слоя омедненное железо ржавеет быстрее, чем не омедненное, так как медь в образующейся гальванопаре является катодом, а основной металл изделия — сталь — анодом, который и разрушается в процессе электролиза.

В основном медные покрытия применяются при многослойных покрытиях декоративного характера (никелировании, хромировании, серебрении, золочении) как подслои.

Применение медного подслоя позволяет получать лучшее сцепление между покрытием и изделием.

Омеднение производится в цианистых или кислых электролитах.

Никелирование. Никелевые защитно-декоративные покрытия применяются очень широко как в технике, так и в художественных изделиях из металла, но только для легких или средних условий работы. Для жестких условий применение никелевых покрытий нерентабельно, так как они не очень прочны. В этих случаях целесообразнее применять хромирование. Толщина покрытия в зависимости от условий работы изделия устанавливается следующая: при легких условиях (закрытое сухое, отапливаемое помещение) — медный подслой — 10 мк, слой никеля — 5 мк. При средних условиях подслои меди — 20 мк, слой никеля — 10 мк. Наиболее прочно никелевое покрытие на меди или латуни; на стали осажденный никель держится непрочно, поэтому применяются многослойные покрытия, т. е. поверхность стального изделия сначала омедняется, а затем полируется и никелируется.

Никелевые покрытия применяют главным образом для отделки изделий интерьерного характера; они заменяют серебрение. Никелевые покрытия очень декоративны — они имеют серебристый цвет с теплым желтоватым оттенком в отличие от хрома, который имеет холодный голубовато-сероватый оттенок. Никелевые покрытия хорошо полируются и долго сохраняют полировку.

С декоративной целью иногда стремятся получить никелевое покрытие черного цвета, который объясняется образованием сернистого никеля в смеси с цинком и металлическим никелем.

Хромирование. Покрытие хромом занимает особое место среди гальванических покрытий. Это обусловлено следующим:

- 1) высокая твердость хромовых покрытий, превосходящая твердость стали;

- 2) жаростойкость и прочность против химической коррозии.

В художественных изделиях хромирование, кроме указанных причин, обуславливается и красивым блеском, и холодным серо-голубым цветом хромого покрытия.

Технология покрытия хромом наиболее сложная из всех гальванопокрытий, так как она имеет следующие особенности:

- 1) очень плохая рассеивающая способность, т. е. плохо покрываются углубления;

- 2) требуется высокая плотность тока 35—60 ампер на один квадратный дециметр (ам/дм^2) (обычно для других покрытий плотность тока не превышает 4—5 ам/дм^2);

- 3) вместо обычных растворимых анодов применяются нерастворимые свинцовые или свинцово-сурьмяные, которые при электролизе только помогают проводить ток, а хром осаждается полностью из раствора.

Для декоративных покрытий по стали применяют обычно хромирование по медно-никелевому подслою. Перед хромированием медно-никелевый подслоя тщательно полируется.

Серебрение. Серебрение — одно из наиболее красивых покрытий; оно применяется в ювелирном производстве, а также при отделке различных художественных изделий. Толщина серебряного покрытия берется различной, в зависимости от назначения — в пределах от 10 до 100 мк.

Стальные изделия перед серебрением омедняются на толщину 30—50 мк.

Перед серебрением детали полезно амальгамировать, т. е. покрывать ртутью путем погружения в раствор азотнокислой ртути (50 г азотнокислой ртути на 10 л воды).

В настоящее время в практику входит серебряная ванна, не содержащая цианистого калия. Ее преимущество заключается в том, что она неядовита.

Состав ванны: серебра 6 г на 1 л воды; желтой кровяной соли — 18 г; кальцинированной соды — 18 г.

Цвет осажденного серебра снежно-белый. Хранить и применять электролит следует в темноте (под крышкой) или при красном свете. Аноды применяются стальные или угольные. В свежей, только что составленной ванне, осаждение идет без тока. Оптимальное напряжение 1—1,5 в. Ванна работает без подогрева при температуре 18—20° С.

Золочение. Золочение — наиболее красивый и дорогой способ отделки художественных изделий из металла. Оно применяется в ювелирном деле для мелких изделий. Раньше золотили и более крупные изделия.

Стальные изделия перед золочением покрываются медью толщиной 30—50 мк. Толщина золотого слоя 2—5 мк, иногда 10—20 мк.

Раньше золочение, как и серебрение, производили в очень ядовитых цианистых электролитах. В настоящее время применяют электролит следующего состава: хлорного золота — 2—3 г, желтой кровяной соли 7,5 г, кальцинированной соды 7,5 г. В одном литре кипящей воды растворяют указанное количество соли и соды, а затем небольшими порциями вводят хлорное золото и раствор кипятят 30 мин.

Плотность тока — 0,1—0,2 ам/дм²; температура — 60—80°; аноды нерастворимые — из платины, угля или стали. Напряжение 3—4 в.

Интенсивность цвета осадка зависит от плотности тока. Плотность тока удобно регулировать большим или меньшим погружением анода в электролит.

§ 59. ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ ОТДЕЛКА АЛЮМИНИЯ

По своей химической природе алюминий и его сплав значительно отличаются от других металлов и сплавов, наиболее часто применяемых в промышленности (меди, латуни, бронзы, стали, чугуна и др.). Вследствие этого гальванические приемы, пригодные для большинства сплавов и металлов, для алюминия не годятся.

В настоящее время различают два типа гальванической художественной обработки алюминиевых изделий:

- 1) покрытие медью или латунью;
- 2) анодирование.

Гальваническое омеднение и латунирование алюминиевых художественных изделий. Последовательность операции:

1. Изделие обезжиривают в растворителях — бензине, керосине, ацетоне.

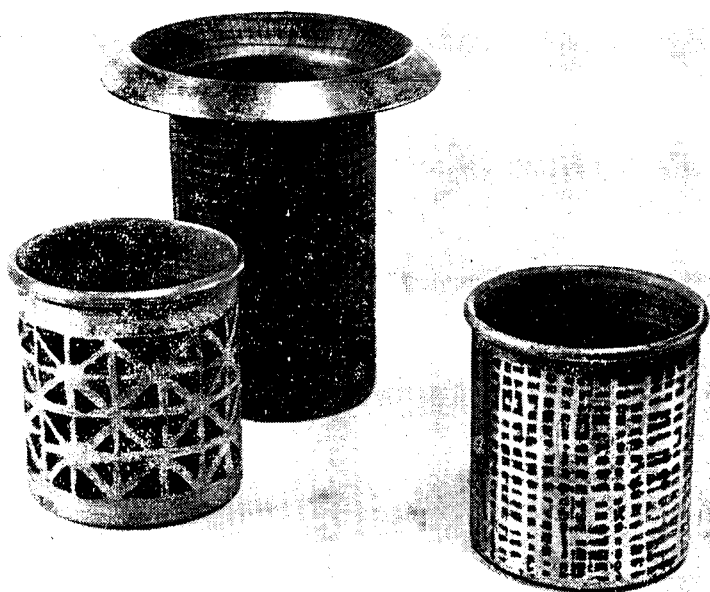


Рис. 120. Декоративные стаканы из анодированного алюминия
(художник Л. Х. Линакс)

2. После этого изделие травят в горячем 8—10%-ном растворе едкого натрия и промывают в горячей, а затем холодной проточной воде. При травлении на изделии появляется черный налет.

3. Затем изделие переносят в крепкую азотную кислоту.

4. После обработки в кислоте изделие тщательно промывают в холодной воде.

5. Подготовленное изделие переносят в кислую медную ванну обычного состава (250—300 г медного купороса на 1 л воды и 20—25 г серной кислоты) и, поместив на катод, дают напряжение 3—6 в. Процесс протекает при комнатной температуре.

Изделие в течение 2—3 мин покрывается ровным слоем меди. В этой ванне изделие находится до тех пор, пока не нарастет слой меди нужной толщины (обычно около одних суток).

Покрытое медью изделие можно оксидировать серной пенью в темно-коричневые и черные тона, напоминающие чугуна, копченую медь и т. п.

Кроме того, по медному слою алюминиевые изделия можно серебрить, никелировать, золотить и др.

Анодирование. Подготовка изделия для анодирования такая же, как и для омеднения.

Сущность процесса заключается в следующем. Изделие за-вешивается в ванну на анод; катодами служат свинцовые пласти-ны. При прохождении тока поверхностная пленка изделия раз-рыхляется.

После промывки изделия в горячей воде производят наполне-ние пленки или окрашивание ее в растворах анилиновых кра-сителей.

В настоящее время анодирование применяется очень широко; при этом чем чище алюминий, тем прочнее пленка.

При анодировании операции выполняются в такой последо-вательности:

- механическая обработка — шлифование, полирование;

- промывка в бензине;

- электрополирование;

- промывка в воде (два раза);

- разрыхление пленки на аноде в течение 30 мин.;

- промывка в воде (два раза);

- наполнение пленки (окрашивание) в течение 2—5 мин.;

- температура раствора 70°;

- промывка в воде;

- закрепление и уплотнение пленки кипячением в дистиллиро-ванной воде — 30 мин.

Приготовление красителя (анилинового): 1 г на 1 л воды. Рас-твор готовится следующим образом: в кипящую воду неболь-шими дозами добавляют краситель и раствор все время пере-мешивают; пену, появляющуюся на поверхности, снимают.

На рис. 120 представлены декоративные стаканы из алюми-ния, отделанные травлением с последующим анодированием.



- Гарбер М. Декоративное шлифование и полирование. Машгиз, 1948.
- Дубинин Н. и др. Технология металлов. Машгиз, 1958.
- Зотов Б. Художественное литье. Машгиз, 1959.
- Медведюк Н. Медницкие и жестянницкие работы. Профтехиздат, 1960.
- Одноралов Н. Гальванотехника в декоративном искусстве. Изд. «Искусство», 1952.
- Одноралов Н. Декоративная отделка скульптур и художественных изделий из металла. Изд. «Искусство», 1954.
- Разина Т. Русская эмаль и скань. Госместпромиздат, М., 1961.
- Рубцов Н. История литейного производства в СССР. Часть I. Машгиз, 1947.
- Рыбаков Б. Ремесло Древней Руси. Изд. Академии наук СССР, 1950.
- Шмыков А. Справочник термиста. Машгиз, 1961.



Предисловие	3
РАЗДЕЛ I	
МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА	5
Глава I. Металлы и сплавы и их свойства	6
§ 1. Строение металлов и сплавов	6
§ 2. Свойства металлов и сплавов	10
Физические свойства	10
Механические свойства	12
Технологические свойства	14
Химические свойства	16
Глава 2. Коррозия художественных изделий из металлов	19
§ 3. Сущность коррозии	19
§ 4. Методы защиты художественных изделий от коррозии	22
Глава 3. Термическая обработка металлов	25
§ 5. Отжиг и нормализация	25
§ 6. Закалка и отпуск	27
§ 7. Химико-термическая обработка	29
РАЗДЕЛ II	
МЕТАЛЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	31
Глава 4. Черные металлы	32
§ 8. Железо	33
§ 9. Чугун	35
§ 10. Сталь	40
Глава 5. Цветные металлы	49
§ 11. Медь и ее сплавы	49
§ 12. Алюминий и магний	59
§ 13. Никель и его сплавы	62
§ 14. Цинк	65
§ 15. Свинец и олово	67
§ 16. Прочие цветные металлы	70

Глава 6. Драгоценные металлы	75
§ 17. Проба. Пробирный надзор	75
§ 18. Серебро	80
§ 19. Золото	81
§ 20. Платина и ее спутники	83
§ 21. Драгоценные камни и их свойства	85
§ 22. Описание свойств основных драгоценных камней	93
Самоцветы (собственно драгоценные камни)	93
Цветные камни (цветники)	100
Драгоценные камни органического происхож- дения	102
§ 23. Искусственные камни и их имитация	104
Искусственные (синтетические) камни	104
Имитация драгоценных камней	105

РАЗДЕЛ III

ПРОИЗВОДСТВО ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛА	109

Глава 7. Основные виды производственных про- цессов	110
§ 24. Литье	111
Литье в земляные формы	115
Литье по выплавляемым моделям	123
Литье в оболочковые формы	128
Литье в постоянные металлические формы	129
Литье под давлением	130
Центробежное литье	130
§ 25. Художественная ковка	131
Инструменты и приспособления	132
Основные приемы ковочных работ	135
§ 26. Прокатка, прессование, волочение	143
§ 27. Дифовка (выколотка)	147
§ 28. Чеканка	156
Технология чеканки	162
§ 29. Басма	178
§ 30. Листовая штамповка	181

§ 31. Давильные работы	187
§ 32. Резание	193
§ 33. Гравирование	200
Плоскостное гравирование	201
Обронное гравирование	206
Механизация граверных работ	209
§ 34. Гравюра	211
Виды глубокой гравюры	212
Виды высокой гравюры	216
§ 35. Чернь	218
§ 36. Насечка	224
§ 37. Наводка	230
§ 38. Филигрань (скань)	233
§ 39. Горячая эмаль	251
Классификация эмалей	255
§ 40. Гальванопластика	268
РАЗДЕЛ IV	
СБОРКА И ОТДЕЛКА ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕ-	
ЛИЙ	273
Глава 8. Сборка художественных изделий . . .	274
§ 41. Пайка	274
Мягкие припои	276
Твердые припои	278
Латунные припои	278
Серебряные припои	278
Золотые припои	279
§ 42. Сварка	282
Глава 9. Механические способы отделки . . .	291
§ 43. Крацевание	291
§ 44. Декоративное или отделочное шлифование	293
§ 45. Голтование	294
§ 46. Полирование	295
§ 47. Пескоструйная отделка	297
Глава 10. Металлические и неметаллические по-	
крытия	299
§ 48. Плакирование	300
§ 49. Сусальные покрытия	300
§ 50. Горячие покрытия	302
§ 51. Металлизация	302

§ 52. Лаки	304
§ 53. Краски	306
Глава 11. Химические и электрохимические спосо- бы отделки	308
§ 54. Оксидирование и пати́нирование	308
§ 55. Гальваностегия	311
§ 56. Подготовка поверхности изделий под по- крытия	312
§ 57. Оборудование гальванических цехов	315
§ 58. Электролитические покрытия	316
§ 59. Гальваническая отделка алюминия	319
Литература	322

Александр Владимирович Флёров

**ТЕХНОЛОГИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ
МЕТАЛЛОВ**

Редактор З. Г. Овсянникова

Художественный редактор

В. И. Пономаренко

Технический редактор

С. П. Передерий

Корректор Т. Н. Астахова

Т—09568 Сдано в набор 23/1 1968 г. Подп. к печати 14/VIII 1968 г.
Формат 60×90¹/₁₆ Объем 20,5 печ. л. Уч.-изд. л. 19,05
Изд. № ОТ—38/66 Тираж 11 000 экз. Зак. 158 Цена 85 к.
Тематический план издательства «Высшая школа» (вузы и техникумы) на 1968 год. Позиция № 75.

Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14,
Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 8 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР,
Хохловский пер., 7.