МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ



В.С. САВЕГА, В.Е. ХРЫЧИКОВ, М.О. МАТВЕЕВА

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ И ЮВЕЛИРНОЕ ЛИТЬЕ



Днепропетровск 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ

В.С. САВЕГА, В.Е. ХРЫЧИКОВ, М.О. МАТВЕЕВА

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ И ЮВЕЛИРНОЕ ЛИТЬЕ

Рекомендовано Учёным Советом Национальной металлургической академии Украины как учебное пособие для студентов высших учебных заведений, которые обучаются по направлению подготовки «Литейное производство»

Днепропетровск 2014

УДК 621.74.

Рецензенты:

М.А. Турчанин – д-р хим. наук, проф. (Донбасская государственная машиностроительная академия)

Л.Х. Иванова – д-р техн. наук, проф. (Национальная металлургическая академия Украины)

Рекомендовано Учёным Советом Национальной металлургической академии Украины как учебное пособие для студентов высших учебных заведений, которые обучаются по направлению подготовки «Литейное производство» (протокол № 4 от 23.05.2014 г.)

Савега В.С., Хрычиков В.Е., Матвеева М.О.

Художественное и ювелирное литьё: Учебное пособие. Днепропетровск: НМетАУ, 2014. - 245 с.

В учебном пособии освещены исторические этапы развития искусства литья, приведены характеристики металлов и сплавов для художественных и ювелирных отливок, особенности изготовления форм, способы обработки и нанесения покрытий, реставрации художественных отливок.

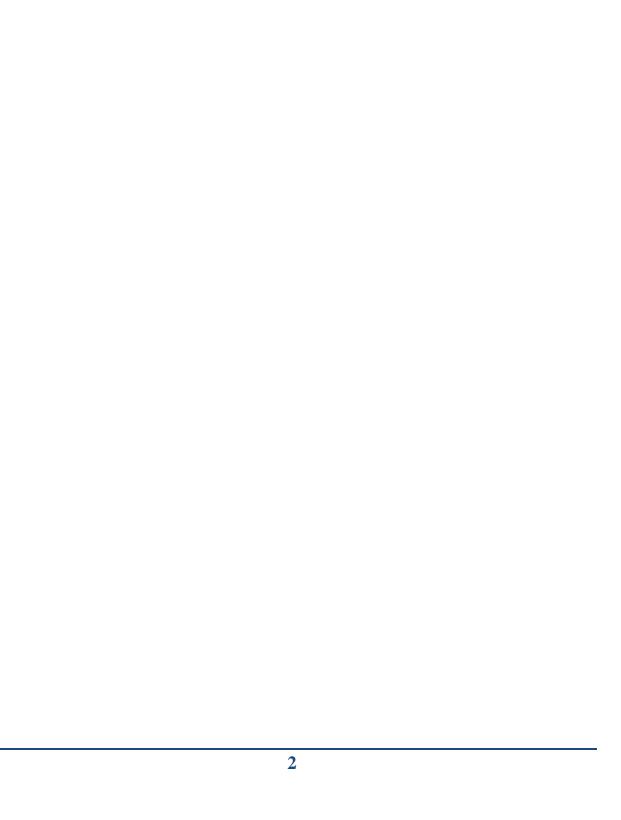
Издается в авторской редакции

© Национальная металлургическая академия Украины

© Савега В.С.

© Хрычиков В.Е.

© Матвеева М.О.



ВВЕДЕНИЕ

Наука и искусство — два основных начала в человеческой культуре, две дополняющие друг друга формы высшей творческой деятельности человека. В истории человечества были периоды, когда эти два начала уживались, дополняя друг друга, а были времена, когда они боролись друг с другом. Однако высшая цель этих начал — быть взаимодействующими гранями человеческой культуры.

Никакая другая область человеческой деятельности — ни наука, ни политика, ни религия — не истолковывались столь разноречиво и противоречиво как искусство. Для того, чтобы объяснить, что такое искусство, в нём надо найти такие свойства, которые одинаково подходили бы к музыке и литературе, технике и архитектуре, живописи и скульптуре, литейному производству и ковке. Искусство многофункционально: оно способно решать самые различные социальные задачи и в то же время оно сохраняет свойство быть всем и ничем особенно одновременно. Подобно науке искусство служит познанию окружающей действительности; подобно языку оно является средством общения людей, вместе с идеологией оно участвует в определении системы ценностей; вместе с педагогикой служит исключительно сильным средством воспитания.

Литейное производство, как часть духовной культуры, развивалось как искусство обработки металла для удовлетворения духовной и социальной жизни людей. Литой художественный металл, наряду с керамикой с древнейших времён является традиционным и развитым видом древнего ремесла. В древнем Египте и Вавилоне ремесленникилитейщики и златокузнецы уже в совершенстве знали литьё, ковку, чеканку и другие способы металлообработки. В металле создавались прекрасные произведения, в том числе великолепная утварь, и другие предметы, предназначавшиеся для культовых целей, либо для украшения жизни государей и их двора. Характерной особенностью развития литья благородных металлов в древние времена являлось уже очень высокое знание основных технологических приёмов — искусства литья древними мастерами. Таким образом, с древнейших времён художественное и ювелирное литьё благородных металлов явилось началом развития литейного производства как науки, как отрасли промышленности, которая

в настоящее время занимает одно из ведущих мест в сфере производства. Поэтому изучение дисциплин курса «Художественное и ювелирное литьё» является важной составляющей при подготовке специалистов — литейщиков. В течение всего срока обучения, вплоть до выпускной работы студенты должны получить необходимые знания в области истории развития духовной культуры, основных элементов и понятий искусства, практических знаний и навыков в области художественной обработки металлов — литьём.

Студенты — литейщики, овладевая свойствами и декоративными возможностями материала, из которого создаётся художественное или ювелирное произведение, проходят необходимый этап своей подготовки специалистов. Так как соответствие формы предмета, его художественной ценности и его декора особенностям выбранного металла и сплава и способов литья является одним из основных художественных принципов, определяющих специфику декоративно-прикладного искусства. Кроме знаний в области обработки металла и изучения технологии, необходимо иметь знания о некоторых сопутствующих материалах и технике доработки изделий для достижения ими художественной ценности. Например, о способах нанесения эмали и черни, об определении ценности драгоценных и цветных камней и т.д.

Процесс теоретического и практического обучения специалиста художественного и ювелирного литья должен заканчиваться усвоением истины о том, что в прикладном искусстве главным является практическая польза и красота созданного произведения.

важным этапом подготовки специалиста художественного и ювелирного литья является изучение предмета на занятиях. На практике студент обучается искусству практических изготовления формы и отливки, кроме того он должен убедиться в том, что понятие красоты неразрывно связано с добротностью и удобством пользования данным предметом, что внешняя форма отражает функции предмета, его внутреннее содержание, и она часто порождается выбранной технологией и несёт черты данного способа литья. Всё это содействует эстетическому воспитанию специалиста – литейщика как художника формированию его художественного прикладного искусства, реалистическому отношению к миру современных художественных и ювелирных произведений.

ГЛАВА 1

ИСКУССТВО ЛИТЬЯ

В этой главе рассматриваются этапы развития духовной культуры человечества, начиная с ранних — её зарождения и до выработки основных принципов и составных частей. Раскрывается связь между искусством, наукой, красотой. Триединство культур — добро, истина, красота. Многофункциональность искусства — для решения различных социальных задач. Роль математики в искусстве. Основные три признака красоты науки, разработанные Хатчесоном. Симметрия, пропорция, гармония как слагаемые части прекрасного. Основа прекрасного — теорема Пифагора и деление отрезка в среднем и крайнем отношении. Золотое сечение. Линии человеческого тела, как основа законов пропорциональности. Модулор Ле Корбюзье.

такое искусство? Свойства его проявления? воздействует на человека? Почему и для чего создаются произведения искусства, и какая потребность в нём у людей. Все эти вопросы и размышления, прежде всего, нуждаются в определении - что такое искусство? В истории человечества много было ответов на этот вопрос: это природе» «подражание «учебник И жизни», «воспроизведение действительности» и «свободное формотворчество», «недостижимый идеал» и «высшая молитва». Оно должно услаждать и развлекать человека, воспитывать его, служить познанию жизни и возносить человека к Богу. Кроме того, оно призвано быть высшей формой общения между людьми и что это недоступная форма самовыражения художника. Таким образом, перед нами самые противоречивые и разноречивые понятия, так как необходимо одним определением объяснить это понятие для многих сфер деятельности человека. Споры об определении и назначении искусства не прекращаются до сих пор, и в этом, как считают, и кроется разгадка самого феномена искусства. Подобно науке искусство служит познанию окружающей действительности, подобно языку оно является средством общения людей; вместе с идеологией оно участвует в определении ценностей; вместе с педагогикой оно служит средством воспитания.

По определению Фейнберга (физик), искусство есть средство передачи чувств художника и средство сохранения для последующих поколений духовного опыта, который накоплен человечеством. Благодаря нему происходит плодотворный обмен чувствами и мыслями, без чего существование человека становится просто бессмысленным. Искусство делает духовный мир художника более близким для понимания каждым, и благодаря их гениальности мы становимся умнее, зорче, душевно богаче.

Огромную роль играет просветительская функция искусства. В частности, классическая литература является прекрасным учебником, из которого мы черпаем различные сведения, и как заметили древние греки, удивительной особенностью искусства является свойство: поучать развлекая.

Искусство в человеческом обществе несёт и воспитательную функцию. Оно, воспитывая, обращается не только к нашей мысли, но и к нашему чувству, требует сопереживания и таким образом откладывается в нашем сознании. При этом, переживая то, чего не было с нами в действительной жизни, оно воспитывает и заставляет сделать выбор той или иной позиции.

Основной функцией искусства является способность его нести людям радость и наслаждение красотой — гедонистическая функция (*om греч. hedone — наслаждение*). При отсутствии этой функции человек не воспримет ни познавательных, ни идейно-воспитательных достоинств произведения искусства. Поэтому, не случайно, искусство часто смешивают с понятием красоты, а понять, что такое красота и что же такое прекрасное и есть главное содержание искусства.

Гениальный писатель и мыслитель Лев Толстой говорил: «Для среднего человека кажется ясным и понятным то, что искусство есть проявление красоты; и красотою объясняются для него все вопросы искусства».

Но что же такое красота, которая составляет, по его мнению, содержание искусства? Как она определяется и что это такое?

Как это бывает во всяком деле, чем запутаннее понятие, которое передаётся словом, тем с большим апломбом и самоуверенностью употребляют люди это слово, делая вид, будто то, что подразумевается под ним, так просто и ясно, что не стоит и говорить о том, что собственно оно значит. Предполагается, что то, что разумеется под словом *«красота»*, всем известно и понятно. А между тем это не только неизвестно. Вопрос о том, что такое красота, до сих пор остаётся совершенно открытым и с каждым новым сочинением по эстетике решается новым способом.

1. 1. Материальное и духовное проявление культуры. Основные формы

Понятие культуры и сам термин имеет латинское происхождение и в переводе означает «возделывание, уход, обрабатывание». Первоначально латиняне обозначали этим словом землепашца и скотовода. Несколько позднее им же стали обозначать «воспитанность, просвещённость» и отнесли его к названию наставников и воспитателей. Таким образом, Риме термин cultur возник античном И стал антропологическим содержанием. При этом в языке римлян появляются два понятия – просто человека и воспитанного человека. В понятие воспитанность входили три компоненты - природный нрав (natura), умозрение или разум (ratio) и специальное воспитание (disciplina).

своём современном значении понятие «культура» использоваться в европейской социальной мысли во второй половине XVIII века, а со второй половины XIX века оно начинает приобретать Философы определяют культуру как понятие научной категории. исторически определённый уровень развития общества, творческих сил и способностей человека, выраженный в типах и формах организации жизни и деятельности людей, а также в создаваемых ими материальных и духовных ценностях. Однако следует сказать, что понятие культуры имеет множество определений, среди которых главным является способ бытия человека в мире и форма духовного развития человека. Это понятие применимо к уровню развития цивилизаций (эпох) и к степени совершенствования различных сфер жизни и деятельности человека.

Культуру как целостную систему подразделяют на две основные материальную и духовную, которые соответствуют двум производства основным видам материальному духовному. Материальная культура охватывает всю сферу материального производства и её результаты, а духовная – сферу сознания – науку, нравственность, воспитание, просвещение, право, философию, искусство, фольклор, религию и т.п. Перечисленные формы имеют качественные различия, так как первая относится к материальной деятельности человека, а вторая призвана передавать мысли автора окружающим. При этом материальный носитель информации может быть любым, так как не изменяет содержания.

Интересно, что исторически духовная культура часто не совпадает с экономическим развитием человеческого общества не только потому, что материальный прогресс не всегда поддержан духовным, а потому, что обе эти сферы развиваются по своим законам. То, что при определенных условиях может быть желательным для экономики и социальных структур, может быть нежелательным и губительным для культурных ценностей.

Культура в своих двух проявлениях — материальном и духовном — единственная сила, связывающая людей.

В настоящее время в зависимости от того, кто создаёт культуру и её уровня, различают три её формы – элитарную, народную и массовую. Элитарная (или высокая) культура создаётся привилегированной частью общества и включает в себя изящное искусство, классические музыку и литературу. Народная культура или фольклор создаётся народом – творцами без профессиональной подготовки, и часто определяется традициями данной территории и местности. Массовая или общедоступная культура не является выражением культуры элиты или народа, она может национальной И интернациональной И обладает художественной ценностью. Массовая культура имеет большую аудиторию, она всегда авторская и быстро выходит из моды, а также ей признаков, присущи ряд негативных которые заключаются примитивизме отношений между людьми, развлекательности, сентиментальности и натуралистическом смаковании насилия. Кроме того, в массовой культуре человеку навязываются стремление к следующим идеалам – культ успеха, сильной личности, обладанию модной вещью, примитивной символики и культу посредственности.

Культура имеет целый ряд общественных функций. К ним относятся: познавательная (накопительная), информационная, коммуникативная (обмен информацией), регулятивная (регламентирующая нормы поведения и жизни), оценочная. Все функции взаимоувязаны и существуют в едином комплексе.

Познавательная функция или приспособление к окружающей среде по своей сути является накопительной функцией, так как человек постепенно накапливал знания и умения в различных видах деятельности и об окружающем мире. Эта функция является и самой древней, поскольку она изначально позволяла приспосабливаться к окружающей и социальной среде. Эта гносеологическая функция находит своё выражение в науке, научном поиске и особенно в научно-техническом прогрессе.

Поскольку человек постоянно находился в окружении себе подобных, то свои знания он передавал окружающим – роду, семье, коллективу. Таким образом, вступает в силу информативная функция которая обеспечивает историческую преемственность культуры, передачу социального опыта. При этом необходимо помнить, что культура почти не наследуется генетическим и биологическим путём. Каналом передачи информации во времени и пространстве является и материальная и духовная культура. Примерами передачи информации могут быть преподаватели, средства массовой информации, Интернет и др. В то же время коммуникативная функция может носить пассивный характер, если полученная информация сохраняется *«консервируется»* получателем. Взаимообмен информацией служит проявлением коммуникативной функции. И она непрерывно связана с информационной и её носителем является словесный язык, «языки» искусства (музыки, театра, живописи, кино и т.п.), а также специальный язык науки с её символами и формулами. С развитием техники, новейших транспортных средств и средств массовой информации коммуникативные возможности культуры для сохранения, передачи и тиражирования культурных ценностей возрастают. При усиление значительно ЭТОМ коммуникативных возможностей культуры приводит к её независимости от территориальной и национальной принадлежности, а также к формированию единой общечеловеческой цивилизации. В свою очередь, познавательная, информационная и коммуникативная функции выступают, как средства преобразования мира, а также как средства общения и познания.

Кроме указанных выше функций культуры в человеческом обществе существуют также регулятивные или нормативные функции, которые устанавливают нормы поведения: во-первых, между отдельными людьми; во-вторых, между людьми и обществом; в-третьих, между отдельными социумами. Таким образом, регулятивная функция проявляется как система норм и требований общества ко всем своим членам и осуществляется с помощью норм морали, норм права, обычаев и обрядов, норм поведения. Известно, что нормы поведения могут отличаться в различных культурах, но нормы поведения как совокупность образцов, определяющих жизнь, существуют всегда и везде. Поэтому регулятивная функция рассматривается как культурный образ этноса, как совокупность его нравов, обычаев и традиций.

Оценочная (*аксиологическая*) функция культуры связана с формированием системы ценностей. Она подразумевает важные и значимые для человека вещи или явления, которые он анализирует, оценивает и делает выбор. Чем примитивнее член общества и само общество, тем ограниченнее круг ценностей. Личность с богатым внутренним содержанием принимает материальные ценности лишь как средство к её дальнейшему совершенствованию.

Богатство мировой цивилизации заключается в многообразии национально-исторических форм культуры. При этом, разграничение национальных культур не в географических границах, а в культурно-психологических особенностях этносов, которые имеют свою многовековую историю и поэтому сопротивляются ассимиляции и чужеродному влиянию, но не исключая взаимного обогащения.

Функция социализации заключается в формировании человеческой личности путём усвоения им системы знаний, норм и ценностей, для полноправного существовании в качестве члена общества.

Как следует из выше сказанного, основной задачей культуры в целом является изменение среды обитания для нужд человека. Художественная культура создаёт художественный мир, в котором человек выступает

главным действующим лицом. Творчество называют мышлением в материале, так как материальное и духовное в нём органически сливается друг с другом. Процесс познания при этом материализуется в произведениях искусств, которые со временем называются художественным образом.

В истории мировой культуры определены основные периоды, которые выстроены в хронологической последовательности в соответствии с их отличительными особенностями ($puc.\ 1.1$).

1. 2. Искусство. Стили в искусстве

Искусство является важнейшей и независимой частью культуры, представляет собой сферу духовно-практической деятельности людей, направленную на художественное постижение и освоение мира. Воздействие искусства проявляется в том, что человек, с помощью органов чувств способен воспринимать и испытывать чувства другого человека их выражающих. При этом искусство существует в форме законченных художественных произведений, которые обычно создаются одним автором.

Под искусством часто понимают художественное творчество в литературу, архитектуру, скульптуру, декоративно-прикладное искусство, музыку, танец, кино. В отличие от других ценностей культуры, произведения искусства открыты для активного субъективного творческого восприятия, и их оценка может изменяться зависимости OT социального И личного опыта воспринимающего.

Особенность искусства в том, что его прогресс не прямолинеен как в научно-техническом творчестве, а изменяется рывками независящими от опыта и новых знаний. Самым его замечательным свойством является общедоступность и возможность восприятия независимо от развития и образования. В то же время основным законом искусства является то, что мировая классика не может не быть неповторимо национальной. Развитие искусства и его прогресс происходят через взаимодействие традиций и новаторства, борьбу различных школ, течений и направлений посредством этнического и межнационального взаимообогащения.

Искусство проявляется в большом количестве видов художественного творчества, число и сложность которых растёт по мере развития эстетического сознания человека. Современная классификация выделяет следующие виды искусства:

Каменный век

• Древнейший этап в истории человечества, который охватывает период от **2 млн. до 6 тыс. лет до н.э.** Каменный век подразделяется на палеолит, мезолит и неолит.

Медный век

• В истории человечества был недолгим и охватывает период **IV** – **III тыс. до н.э.**

Бронзовый век

• Знаменует начало расцвета древнейших мировых цивилизаций и охватывает период – конец IV – начало I тыс. до н.э. Представитель – Древний Египет.

Железный век

• Характеризуется рождением античности, временем взлёта материальной и духовной культуры. Середина I тыс. до н.э. Представитель античной культуры – Древняя Греция и Древний Рим.

Средневековье

• Для него характерно зарождение, развитие и разложение феодализма в Западной Европе, а также развитие Киевской и Московской Руси и формирование славянской нации и её культуры. Охватывает период конца V – середины XVII вв.

Возрождение (Ренессанс)

• Охватывает период **IV** – **XVI вв.** Характеризуется возрождением классической культуры античного мира. **Век Просвещения** - **конец XVII** – **XVIII вв.** Основными очагами являются — Франция, Германия, Англия.

Новое время

• Охватывает период XVIII – конец XIX вв.

Новейшее время

• Охватывает конец XIX – начало XXI вв.

Рис. 1.1. Основные периоды в истории мировой культуры

изобразительное искусство (пространственный или пластический вид) воздействует на человека визуально, через зрительное восприятие. Имеет материальную предметную форму и не меняется во времени и пространстве. К этому виду относят живопись, скульптуру, графику, монументальное и декоративно-прикладное искусство;

музыка (*временной вид*), активно воздействует на чувства человека через слух. Главным выразительным средством здесь выступает звук, мелодия, полифония, ритм, композиция, гармония. Музыка отличается от изобразительного искусства тем, что не воспроизводит видимых картин мира и не имеет смысловой конкретности, она является общечеловеческим языком, не требующим перевода;

синтетические искусства (временно-пространственный вид), отличаются органическим соединением или слиянием других видов искусства. К ним относят: театр (драматический и оперный), который объединяет литературу, авторское мастерство, живопись, музыку, декоративно-прикладное искусство; балет, который использует пластику человеческого тела и сочетающий в себе танец, музыку, живопись и скульптуру;

эстрадное искусство, представляет собой различный набор номеров;

технические искусства, возникли в XV веке с созданием художествен-ных клише, а затем фонографа, фотографии, немого кино. В XX веке были созданы звуковая, цветная и стереоскопическая кинотехника. Современными видами технического искусства считаются: фотоискусство, кино, мультипликация, телевидение, компьютерные аудио и видео технологии;

декоративно-прикладное искусство, возникло глубокой В древности, обслуживая практические нужды людей и одновременно их эстетические потребности. Его сферой является эстетическое оформление мебели, тканей, личного предметов быта (посуды, инструментов, холодного и огнестрельного оружия), парковых ансамблей. А также оформление декоративное интерьеров роспись скульптурами, барельефами, плафонами, вазами. Художественно выполненная одежда, ювелирные украшения, искусство макияжа, парикмахерское искусство.

В современном мире, исторически сложился определённый принцип обозначения существующих направлений, течений и стилей в искусстве. Основную терминологию принято располагать в хронологической последовательности.

Pomanckuŭ cmuль (om nam. romanus — pumckuŭ) — самое старое направление в западноевропейском искусстве X — XIII веков, проявилось в архитектуре и скульптурном декоре, а также в росписях крупных соборов. Особое место романский стиль занимает в религиозных сооружениях, которые унаследовали черты римской архитектуры, отличаются

монументальностью и рациональностью конструкций, широким использованием полукруглых арок сводов, опирающихся на колонны, а также многофигурными скульптурными композициями.

Готический стиль (от итал. gotico – готский, варварский) сменил романский стиль в XIII – XIV веках. Этот стиль также связан с религиозной архитектурой, скульптурой и декоративно-прикладным искусством. Для соборов готического стиля характерны вертикальность композиций, устремлённость вверх, виртуозная деталировка, органическая связь архитектуры и скульптуры, стрельчатые арки, обширные интерьеры с огромными прорезными окнами, украшенными витражами, пышный декор с использованием золотой краски, резьбы по дереву, раскрашенной резной религиозной скульптурой.

Барокко (от итал. barocco — странный, причудливый) — стиль в архитектуре, музыке, живописи, литературе, декоративном искусстве конца XVI — середины XVIII веков. Для барокко характерны эстетическая аффектация, стремление к величию и пышности, богатство декоративных элементов криволинейной формы, повышенное внимание к деталировке, подчинённой единому ансамблю.

Классицизм (от лат. classicus – образцовый) – стиль и направление в искусстве и литературе XVI – начала XIX веков, который ознаменовал возврат к античному наследию, как норме и идеальному образцу. Это направление характеризуется рационализмом, нормативностью, тяготением к гармонии, ясности, и простоте выражения, уравновешенность композиции. Также ЭТОМУ стилю присуща определённая схематизации и идеализации в художественных произведениях, что выражалось, например, в иерархии «высоких» и «низких» стилей – в литературе, требовании «трех единств» (времени, места, действия) – в драматургии. Основным эстетическим постулатом классицизма является верность природе, закономерной разумности Мира с объективно присущей ему красотой, находящей выражение в симметрии, мере, гармонии, которые и должны воссоздаваться в искусстве в совершенном виде.

Рококо (от фран. rocaille – раковина) – считается менее известным стилем по сравнению с другими. Возник во Франции и ярко выразился в декоративно-прикладном архитектуре, живописи и искусстве. основными определяющими чертами являются - стремление к изяществу, мелкая деталировка формы, прихотливость и уравновешенность декора в интерьерах, яркие чистые краски в сочетании с белым и золотым, контраст между внешней строгостью зданий и изысканностью внутреннего Скульптура живопись отличаются утончённостью, убранства. И грациозностью, уходом в мир фантазии, пасторальных и мифологических сюжетов.

Сентиментализм (от фран. sentiment — чувство) — художественное течение в западноевропейском и американском искусстве и литературе во

второй половине XVIII века. Этот стиль сложился в результате разочарования в положительной роли *«цивилизации»* и *«царства разума»*, провозглашённых идеологами века Просвещения. Не оформившись в художественный метод, сентиментализм представляет собой в искусстве – живописи, музыке, литературе – особое умонастроение, меланхолическую мечтательность, склонность к уединённым размышлениям, повышенную чувствительность. Для него характерны обращение к идиллическим картинам природы, к *«естественной»* жизни поселян и вообще *«маленького»* человека.

Романтизм — широкое идейное и художественное направление в западной и русской культуре, которое охватило все виды искусства и гуманитарную науку в конце XVIII — начале XX веков. Это направление выступало против формализации искусства и прямолинейно рассудочного подхода к нему, свойственных классицизму. Большой интерес проявлялся к фольклору, демократическим народным явлениям средневековой и ренессансной культуры, из которой идеализировалась не мрачная сторона эпохи, а как бы сказочный элемент, дух карнавальной вольности, склонность к гротеску.

Реализм (om позднелатинского realis вещественный, действительный) – термин эстетики, относящийся к литературе и изобразительному искусству. Как творческий метод, реализм имеет ряд эстетических принципов, это: типизация фактов действительности; показ жизни в развитии и противоречиях, носящих общественный характер; стремление раскрыть сущность жизненных явлений в неограниченном количестве тем и сюжетов; устремлённость к нравственным исканиям и нравственному воздействию. Поскольку реализм выступает как ведущий метод в живописи и литературе, то он ярко проявляется в связанных с ним синтетических видах искусства - театре, балете, кино, фотографии. В архитектуре, декоративно-прикладном искусстве, музыке, тяготеют к отвлечённости и условности, он проявляется в меньшей степени.

Натурализм (от лат. natura — природа) — проявился как творческое направление в изобразительном искусстве, литературе, театре и кино в последней трети XIX века в Европе и Америке под влиянием философии позитивизма. Натуралисты считают, что художники должны отражать мир без прикрас, условностей и табу, с максимальной объективностью. Главным критерием считается буквально *«фотографичность»* и деэстетизация художественной формы. Отсюда и его крайнее проявление — широкое распространение *«скрытых сторон»* жизни человека (насилия, порнографии и т.д.). У славянских народов, в соответствии с традициями и развитой духовностью натурализм не получил широкого распространения.

Модернизм (от фран. moderne – новый, новейший, современный) возник в конце XIX – начале XX веков как совокупность течений и школ,

разорвавших традиционные связи с существовавшими художественными направлениями. Близким к этому понятию является авангардизм. Переход художественной культуры в новое качество, обусловили ощущения общей дисгармонии современного мира, отчуждения человека от общества, попытка отразить некие трансцендентальные и неуловимые стороны действительности, растущая роль абстрактного мышления и одновременно бунт против рационализма в искусстве.

Существует целый ряд модернистских школ и течений, среди которых широкое распространение получили нижеперечисленные.

Символизм – художественное выражение с помощью символов, намёков, ассоциативности и иносказательности, идеи самоценности искусства.

Импрессионизм — течение, получившее развитие во французской живо-писи, которое стремилось передать средствами искусства впечатления, богат-ство красок, психологические нюансы, подвижность и изменчивость окружающего мира.

Экспрессионизм – получил развитие в Германии и Австрии в начале XX века. Экспрессионисты считали главным в искусстве не передачу впечатления от действительности, а изображение её трагической, враждебной человеку сути. Течение хаотической И тяготело абстрактному обобщению иррационализму, И обострённой выразительности.

Сюрреализм — возник в 20-х годах прошлого века как одно из важнейших течений, охватившее все виды искусства. За основу взят фрейдистский подход и положение, что источником творчества является неконтролируемая разумом сфера подсознания, а его методом — чистый психический автоматизм, отсутствие логических связей, заменяемых субъективными ассоциациями. Это течение считает «сверх реальным» эффект абсурдного, не соединяемого и поэтому призывает к отказу художника от интеллекта, морали и традиционных достоинств. Всё прошлое понимается как уродливое порождение цивилизации, которое поработило творческие возможности человека.

Абстракционизм — направление беспредметного нефигуративного искусства, которое провозглашает в живописи и скульптуре отказ от изображения форм реальной действительности. Он *«гармонизирует»* различные цветовые сочетания или геометрические формы, плоскости, прямые или ломаные линии, которые должны вызывать разноликие ассоциации.

 Φ утуризм — появился в живописи и поэзии в 10-20 годах прошлого века в Италии и США, как течение, претендующее на искусство будущего с лозунгом нигилистического отрицания прошлого художественного опыта. Последователи стремились отразить динамизм современной технической цивилизации, считая, что технический прогресс, война и

насилие, жизнь больших городов является главным в жизни людей и должно отражаться в живописи хаотическими комбинациями плоскостей и линий, дисгармонией цвета и формы, а в поэзии заумностью, насилием над лексикой и синтаксисом.

1. 3. Этапы познания в развитии искусства

Основатель античной математики Пифагор (VI век до h.э.) учил: « $Bc\ddot{e}$ прекрасно благодаря числу». Древнегреческий философ Гераклит (конец IV века — начало V века до h.э.), указывал на относительность понятия прекрасного: «Самая прекрасная обезьяна безобразна по сравнению с родом людей». Гениальный философ Платон (427-347 годы до h.э.) писал: «Умеренность и соизмеримость всюду становится красотой». Его ученик Аристотель (384-322 годы до h.э.) подтверждал слова учителя, говоря: «Красота состоит в соразмерности и правильности расположения».

Средневековые мыслители Аврелий Августин (354 – 430) и Фома Аквинский (1226 – 1274) источник прекрасного усматривали в боге. Выдающийся итальянский учёный-гуманист и архитектор Леон Батиста Альберти (1404 – 1472), представитель эпохи Возрождения идеализировал греческую классику: «Что такое красота и украшения и чем они между собой разнятся, мы, пожалуй, отчётливее поймём чувством, чем я могу изъяснить это словами. Тем не менее, совсем кратко мы скажем так: красота есть строгая соразмерная гармония всех частей, объединяемая тем, чему они принадлежат, - такая, что ни прибавить, ни убавить, ни изменить ничего нельзя, не сделав хуже». В эпоху Просвещения прекрасное рассматривалось как связующее звено между разумом и между долгом (разумом) и увлечениями (чувствами). Выдающийся немецкий художник эпохи Возрождения Альбрехт Дюрер (1471 – 1528) писал: «Что такое красота – этого я не знаю. Но для себя здесь понимаю красоту таким образом: что в разные человеческие времена большинством почиталось прекрасным, то мы и должны усердно стремиться создавать».

Начиная с античности известно знаменитое триединство — истина, добро и красота, воплощающее представление человека о высших духовных ценностях (*три ипостаси идеала*). Красота является связующим звеном между истиной и добром. Во все времена красота является путеводной звездой в поисках истины, могучим стимулом к научному творчеству и озарению в науке. С другой стороны, во все времена красота, обращала человека к доброте. Именно это свойство красоты отразил Достоевский в своем знаменитом высказывании: «Красота спасёт мир».

В 1735 году немецкий философ Александр Баумгартен изобрёл новый термин *«эстетика»*, с тех пор эстетика считается самостоятельной наукой. Однако, она родилась в глубокой древности и начиналась в Древней Греции. Из древнегреческой философии вышли философские течения, теории и науки. В те времена люди уже понимали, что мир познаётся с помощью органов чувств, а анализируют познанное с помощью разума. Чувства и мышление являются двумя звеньями в цепи познания. Поэтому в сфере познания нужна логика — наука о мышлении и эстетика — наука о чувственном восприятии.

Греки первыми обратили внимание на то, что самыми сильными чувственными ощущениями они обязаны прекрасному в искусстве. Красота, особое чувство, переносящее человека в удивительный мир чистоты и радости. Осмысление этого чувства и проникновение в его суть и является задачей эстетики.

Свое воплощение эстетический идеал находит в искусстве. Часто ни природа, ни общество не дают человеку его эстетического идеала. Вернемся к словам Рафаэля: «Я скажу вам, что для того, чтобы написать красавицу, мне надо видеть многих красавиц. Но ввиду недостатка, как в хороших судьях, так и в красивых женщинах я пользуюсь некоторой идеей, которая приходит мне на ум». «Идея», о которой говорит Рафаэль, и есть эстетический идеал художника. Так красота через эстетический идеал приводит нас к искусству. Об этом высказывание французского скульптора Огюста Родена (1840 – 1917): «Но стоит великому артисту или великому прикоснуться к какому-нибудь безобразию, чтобы писателю мгновенно преобразилось. *Ударом* волшебного безобразие превращается в красоту: это алхимия, это колдовство!».

Таким образом, красота начинается с формы, но не сводится только к ней. Красота — это форма, взятая в единстве с содержанием, от которого она не может быть оторвана. Красивая форма стремится сделать прекрасным и содержание, которое, по выражению Белинского, становится *«опоэтизированным»*. Мысль о диалектическом единстве формы и содержания в прекрасном, кажущаяся сегодня аксиомой, была впервые разработана Гегелем. А ещё до него Шекспир писал: *«Прекрасное прекрасней во сто крат, увенчанное правдой драгоценной»*.

Очень трудно раскрыть сущность прекрасного, так как проявления красоты в искусстве очень разнообразны. Кажутся красивыми поступки, природа, изобразительное искусство и т.д. Однако это различные явления, а вызываемые чувства похожи. Ещё Платон указывал на то, как легко отыскать нам примеры прекрасного, но как трудно объяснить, почему они таковы. Также трудно найти математические закономерности в прекрасном — «законы красоты». Попытки хотя бы приблизиться к объективным «законам красоты» предпринимались человечеством с древности: это и математические законы Пифагора в музыке, и

геометрическая модель Вселенной Кеплера — трепетная песнь красоты в науке, это и система пропорций в архитектуре, и пропорции человека, и геометрические законы живописи. И до настоящего времени это является предметом глубоких исследований. Б.Рассел сказал: «Математика владеет не только истиной, но и высшей красотой — красотой отточенной и строгой, возвышенно чистой и стремящейся к подлинному совершенству, которое свойственно лишь величайшим образцам искусства».

В определении прекрасного данного во французском энциклопедическом словаре сказано, что прекрасное это то, что *«радует глаз или разум»*. Таким образом, кроме красоты, постигаемой чувствами, есть красота, постигаемая разумом. Это особый вид красоты – красота науки.

«Начав с отдельных проявлений прекрасного, надо всё время, словно бы по ступенькам, подниматься ради самого прекрасного вверх — от одного прекрасного тела к двум, от двух — ко всем, а затем от прекрасных тел к прекрасным нравам, а от прекрасным нравов к прекрасным учениям, пока не поднимешься от этих учений к тому, которое и есть учение о самом прекрасном, и не познаешь наконец, что же это — прекрасное. И в созерцании прекрасного самого по себе ... только и может жить человек ...» — Платон.

М. Горький: «Наука — высший разум человечества, это солнце, которое человек создал из плоти и крови своей, создал и зажёг перед собою для того, чтобы осветить тьму своей тяжёлой жизни, чтобы найти из неё выход к свободе, справедливости, красоте».

Особенностью просвещенного мира является раскрытия понятия красоты науки. Так, Френсис Хатчесон (1694 — 1747) выделяет три признака красоты науки: красота есть единство и многообразие; красота заключена во всеобщности научных истин; научная красота — это обретение неочевидной истины.

Принцип единства в многообразии он считает универсальным эстетическим принципом, который применим в равной мере к живой и не живой природы, а также к эстетической оценке науки. Примером может служить теорема Пифагора, которая применима для бесчисленного количества прямоугольных треугольников, но в то же время эти истины собраны в единой общей, описанной теоремой.

По второму признаку красоты Хатчесон говорил: «У теорем есть ещё одна красота, которую нельзя обойти и которая состоит в том, что одна теорема может содержать огромное множество следствий, которые легко из неё выводятся. Когда исследуют природу, подобной красотой обладает познание определённых великих принципов или всеобщих сил, из которых вытекают бесчисленные следствия. Таково тяготение в схеме сэра Исаака Ньютона...». Действительно можно найти

большое количество примеров: в математике — теоремы; в физике — законы электромагнетизма; в химии — периодический закон Менделеева; в биологии — законы генетики. Интересно, что существуют 500 видов доказательств теорем Пифагора, что говорит об огромном числе конкретных реализаций этой теоремы и её следствий.

Третий признак — обретение неочевидной истины очень интересен, так как постижение очевидной истины не доставляет человеку эстетического наслаждения. Только открытие истин, спрятанных от нас наукой или природой, открытие, требующее поиска и серьёзных усилий, доставляет нам в конце пути истинное наслаждение — познание неведомой истины. Хатчесон приводит хороший пример: ясно, что объём цилиндра больше объёма вписанного в него шара, объём которого больше объёма конуса, вписанного в цилиндр. Это очевидная истина, которая не приносит эстетического наслаждения. Однако когда мы установим, что объёмы этих тел относится как 3:2:1, т.е. когда узнаём неочевидную истину, мы чувствуем, как прекрасна эта теорема.

В заключении Хатчесон делает вывод о том, что красота науки не равнозначна научному знанию. Она заключается не в собрании застывших законов, а в обретении новых знаний, в открытии новых истин, в обнаружении стройности и порядка там, где ещё недавно царил хаос. Только непрерывное движение вперёд, а точнее вверх, к новым вершинам истины, такова формула прекрасного в науке: «Красота есть обретение неочевидной истины».

$$Vu = 2\pi R^{3};$$

$$Vu = \frac{4}{3}\pi R^{3};$$

$$V\kappa = \frac{2}{3}\pi R^{3}.$$

$$V_{u} : V_{u} : V_{\kappa} = 3 : 2 : 1$$

«Красиво сведение от сложности к простоте» — этот принцип считают главным эстетическим принципом науки. Эйнштейн говорил: «Наш опыт убеждает нас, что Природа — это сочетание самых простых математических идей», «Бог ни за что не упустил бы возможности сделать Природу такой простой». Соотечественник Эйнштейна Гейзенберг в одной из своих работ писал: «Всё ещё может считаться лучшим критерием корректности новых концепций старая латинская пословица «Simplex sigillum veri» («Простота — признак истинности»), которая была выведена большими буквами в физической аудитории Геттингенского университета».

Особую роль в понятии красоты играет симметрия. Истинная роль симметрии в науке была определена только в XX веке, а в искусстве

известна давно; и сопровождает его едва ли не с момента зарождения. Считают, что симметрия является почти единственным общепризнанным критерием красоты, как в науке, так и в искусстве.

Для определения роли искусства в познании природы следует вспомнить Древнюю Грецию. Греки оказали самое сильное влияние на европейскую цивилизацию. Его источником было то, что, контактируя с более древними восточными цивилизациями, греки учились у них, усваивали их уроки, извлекая из них оригинальную культуру, ставшую основой и образцом развития человечества. Своего апогея греческая цивилизация достигает в V веке до н.э. В это время стратег Перикл возводит грандиозные монументы Акрополя, скульпторы Фидий и Поликлет высекают свои бессмертные шедевры, Эсхил, Софокл и Еврипид пишут трагедии, Геродот и Фукидид составляют бесценную хронику древней истории, философы и учёные Зенон, Демокрит, Сократ прославляют торжество человеческого разума. Затем Греция дарит миру великих философов Платона и Аристотеля, чьи бессмертные идеи третье тысячелетие питают философов всего мира, основоположника геометрии, автора знаменитых «Начал» Евклида, величайшего математика древнего мира Архимеда.

Характерным для того времени является то, что наука, искусство и ремесло в то счастливое для человеческой культуры время не отделились друг от друга. Аристотель считал, что наука и искусство должны объединяться во всеобщей мудрости.

Следующей эпохой единого взлёта науки и искусства стала эпоха Возрождения. Человечество вновь, через тысячу лет, открывало для себя забытые сокровища античной культуры, утверждало идеалы гуманизма, возрождало великую любовь к красоте мира и непреклонную волю познать этот мир.

Олицетворением многосторонних интересов человека Возрождения, символом слияния науки и искусства является гениальная фигура Леонарда да Винчи (1452 – 1519), итальянского живописца, скульптора, архитектора, теоретика искусства, математика, механика, изобретателя, инженера, анатома, разносторонний гений не разделял науку и искусство. Отдавая в «споре *искусств*» пальму первенства живописи, Леонардо да Винчи считал её универсальным языком, наукой, которая подобно математике в формулах отображает в пропорциях и перспективе всё многообразие и разумное начало природы. Оставленные им около 7000 листов научных записок и поясняющих рисунков являются недосягаемым образцом синтеза науки и искусства.

Однако между наукой и искусством назрел разрыв. Это сделал английский писатель, физик по образованию Чарльз Сноу, выступив в мае 1959 года в Кембридже (США) с лекцией *«Две культуры и научная*

революция». Основной мотив лекции – взаимное обособление науки и искусства, которое ведёт к образованию двух самостоятельных культур -«художественной». «научной» Между ЭТИМИ полюсами интеллектуальной жизни общества, по мнению Сноу, разверзалась пропасть взаимного непонимания, а иногда враждебности и неприязни. Традиционная культура, не способная воспринять новейшие достижения науки, якобы неизбежно скатывается на путь антинаучности. С другой стороны, научно-технической среде, которая игнорирует художественные ценности, грозит эмоциональный голод и антигуманность. Сноу полагал, причина разобщённости двух культур кроется в чрезмерной специализации образования на Западе, указывая при этом на Советский Союз, где система образования более универсальна, а значит, и нет проблем взаимоотношения науки и искусства. Этот тезис многие считали заблуждением.

Почему назрело такое разъединение науки и искусства. Считают, наука и искусство – две грани одного и того же процесса – творчества. Это две дороги, ведущие к вершинам культуры. «И в науке, и в литературе творчество не просто радость, смешанная с риском, - это жестокая необходимость, — говорит американский писатель, физик по образованию Митчелл Уилсон (1913 — 1973). — И учёный, и писатель, в какой бы обстановке они не росли, в конце концов находят свое призвание, словно под влиянием той же силы, которая заставляет подсолнечник поворачиваться к солнцу».

Задача научного творчества состоит в нахождении объективных законов природы, которые не зависят от индивидуальности учёного. Поэтому творец науки стремится не к самовыражению, а к установлению независимых от него истин, учёный обращается к разуму, а не к эмоциям. Кроме того люди науки понимают, что теории в будущем будут дополнены и обобщены. «Лучший жребий физической теории – послужить основой для более общей теории, оставаясь в ней предельным случаем» - А.Эйнштейн. Действительно, с течением времени в науке остаются жить только объективные законы, а не способы её выражения в разные времена.

В искусстве всё наоборот. Задача художественного творчества – это постижение мира на основе субъективных мыслей и переживаний создателя. Произведение искусства всегда индивидуально, поэтому оно более понятно, чем научный труд. Истинные шедевры искусства живут вечно – и Гомер, и Бетховен, и Шевченко будут звучать, пока существует человечество, они устаревают И не вытесняются не новыми художественными произведениями. Отличием творчества возможность проверки учёными истины, согласуясь с практикой, в то время как художник не уверен в своем творчестве, так как не имеет критериев объективной оценки.

Глубокая общность науки и искусства определяется и тем, что оба эти творческих процесса ведут к познанию истины. Стремление к познанию генетически заложено в человеке. Известны два способа познания: первый основан на выявлении общих признаков познаваемого объекта с признаками других объектов; второй — на определении индивидуальных отличий познаваемого объекта от других. Первый способ познания свойственен науке, второй — искусству. «Наука и искусство — это два крыла, которые поднимают вас к Богу» - М.Х.А. Бехаулла.

Наука со своими однозначными ответами не может заполнить человеческую душу до конца, оставляя место для свободных фантазий искусства. «Причина, почему искусство может нас обогатить, - писал Нильс Бор, - заключается в его способности напоминать нам о гармониях, недоступных для систематического анализа...».

«Мне лично, - заявил Эйнштейн, - ощущение высшего счастья дают произведения искусства, в них я черпаю такое духовное блаженство, как ни в какой другой области... Достоевский даёт мне больше, чем любой научный мыслитель, больше, чем Гаусс!» И продолжил: «Без веры в то, что охватить реальность нашими теоретическими построениями, невозможно без веры во внутреннюю гармонию нашего мира, и без этого не могло бы быть никакой науки. Эта вера есть и всегда останется основным мотивом всякого научного творчества».

Исследуя понятие «искусство» следует остановиться на понятии «симметрия», так как она царит в природе. Приведем несколько цитат: «Ничто не нравится, кроме красоты, в красоте — ничто, кроме форм, в формах — ничто, кроме пропорций, в пропорциях — ничто, кроме числа» (А. Августин), «Симметрия является той идеей, посредством которой человек на протяжении веков пытался постичь и создать порядок, красоту и совершенство» (Г. Вейль).

По поводу симметрии очень много вопросов, один из них: почему всё симметричное ассоциируется с прекрасным? Считается, что господство симметрии в природе, прежде всего, объясняется силой тяготения, действующей во всей Вселенной. Действием тяготения или отсутствием такового объясняется то, что и космические тела, плывущие во Вселенной, и микроорганизмы, взвешенные в воде, обладают высшей формой симметрии – сферической (при любом повороте относительно центра – фигура совпадает сама с собой). Все организмы, растущие в прикреплённом состоянии (деревья) или живущие на дне океана (морские звёзды), т.е. организмы, для которых направление силы тяжести является решающим, имеют ось симметрии (множество всевозможных поворотов вокруг центра сужается до множества всех поворотов вокруг вертикальной оси). Наконец, для животных, способных передвигаться в воде, воздухе или по земле, кроме направления силы тяжести, важным

оказывается и направление его движения. Такие животные могут обладать только плоскостью симметрии, которая определяется векторами силы тяжести и направления движения. Биологи эту плоскость симметрии называют билатеральной, а тип симметрии — зеркальным. Если бы животное развивалось асимметрично, то хорошо поворачивалось только в одну сторону, и поэтому двигалось бы по кругу, а не прямолинейно. Билатеральной симметрией обладает автомобиль, так как он хорошо поворачивается во все стороны, а мотоцикл с коляской нет, поэтому он вытеснен автомобилем.

Поскольку симметрия господствует на Земле благодаря силе тяготения, и эта сила действует во Вселенной, то предполагаемые пришельцы не могут быть чудовищными, как их порой изображают, а обязательно должны быть симметричными.

Самыми трудными вопросами являются: «Почему симметрия глаз?» или «Существуют ли объективные законы приятна для прекрасного?». На протяжении всей истории вместе с истиной (наукой) красота (искусство) влекла за собой лучших представителей времён и народов. Но в отличие от истины красота понятна человеку даже тогда, когда её внутренние закономерности остаются непознанными (например, человеческое лицо с правильными и неправильными чертами, каждый видит разницу, но до сих пор никто не может сформулировать закон красивого человеческого лица). Пользуясь тем, что красота часто понятна интуитивно, без предварительной подготовки, люди искусства порой не хотят говорить о законах красоты, считая, что наука и искусство не совместимы. Здесь царит убеждение, что математически точный закон обедняет искусство, лишает его некоей таинственности, вносит будни в праздник поэзии.

Поиски объективных законов прекрасного велись с незапамятных времён, и первые находки относятся к древним грекам. Именно античная эстетика не только выработала систему взглядов, которые характеризуют эстетическое сознание, но и оказала решающее влияние на всё последующее развитие эстетической культуры человечества.

Греки считали, что всё мироздание по своей глубокой сущности прекрасно. Поэтому Вселенную они называли словом *«космос»*, что значит *«прекрасно устроенный»*. Ими были выработаны различные критерии прекрасного. Прежде всего, это категория меры, включающая в себя как составные элементы, понятия симметрии, пропорциональности и ритма, и категория гармонии.

Мера характеризует общие принципы строения, целостность предмета. Аристотель следующим образом определяет красоту исходя из понятия меры: «Красота заключается в величине и порядке, вследствие чего ни чрезмерно малое существо не могло бы стать прекрасным, так как обозрение его, сделанное в почти незаметное время, сливается, ни

чрезмерно большое, так как обозрение его совершается не сразу, но единство и целостность его теряются для обозревающих...». Для греков принцип меры не только формальный структурно-математический образ, мера для них это, прежде всего человек, это норма поведения, закон мироздания, структура художественного произведения.

Понятия симметрии, пропорции и ритма играли важную роль в познании греками пространственно временной структуры окружающего мира. Закономерность и красота окружающего мира раскрывались перед ними и в симметрии живых организмов, и в пропорциональности человеческого тела, и в ритмах чередования дня и ночи, смены времён года и т.д. Вся античная архитектура и скульптура воплощали в себя эти принципы красоты. Блестящими примерами тому служат и величественные пропорции Парфенона, и знаменитый «Канон» Поликлета — скульптура и теоретический трактат, в которых автор попытался воплотить идеальные, по его мнению, пропорции мужского тела.

Большое значение в античном искусстве играла гармония. философии гармония в противоположность древнегреческой означала организованность Вселенной. Гармония трактовалась не как внешнее объединение разрозненных частей, а как внутреннее их единство, как единство противоположностей предела и беспредельного, частей и целого. В частности Пифагор считал, что гармония «внутренне присуща вещам, из которых составлен мир». Её только нужно извлечь из вещей, что и делает художник благодаря своему таланту. В то же время философ Платон понятию гармонии придавал социальное значение, рассматривая совокупность физических достоинств нравственных принципов человека-гражданина. Отсюда пошло выражение «гармонически развитая личность». Античное учение о мере и гармонии объективных признаках прекрасного прошло через средневековья, Возрождения, Просвещения вплоть до наших дней, хотя происхождение красоты в каждую эпоху трактовалось по-своему.

Симметрия является фундаментальным свойством природы. Академик А.В.Шубников (1887 — 1970) говорил, что: «Изучение археологических памятников показывает, что человечество на заре своей культуры уже имело представление о симметрии и осуществляло её в рисунке и в предметах быта. Надо полагать, что применение симметрии в первобытном производстве определялось не только эстетическими мотивами, но и в известной мере уверенностью человека в большой пригодности для практики правильных форм».

Первоначальное понятие о геометрической симметрии как о гармонии пропорций, как о *«соразмерности»*, что и означает в переводе с греческого слово «симметрия», течением времени приобрело универсальный характер, И было как всеобщая откнисп идея инвариантности (m.e.неизменности) относительно некоторых преобразований. Таким образом, геометрический объект или физическое явление считаются симметричными, если с ними можно сделать что-то такое, после чего они останутся неизменными. Например, равносторонний прямоугольник, повёрнутый на 90°, займёт первоначальное положение, а колокол в любом месте будет одинаково звенеть. Первый пример даёт понятие об одном из видов геометрической симметрии – поворотной, а второй иллюстрирует важную физическую симметрию – однородность и изотропность (равнозначность всех направлений) пространства. Благодаря физической симметрии все бытовые приборы одинаково работают в разных точках пространства, при неизменности физических условий.

Следовательно, не только симметричные формы окружают нас повсюду, но и сами многообразные физические и биологические законы электричества и магнетизма, ядерных взаимодействий, гравитации, наследственности пронизаны общим для всех них принципом симметрии. Ещё Платон определял атомы четырёх стихий – земли, воды, огня и воздуха геометрически симметричными В виде правильных многоугольников. Этот принцип платоновской физики сегодня выглядит наивным, но принцип симметрии остаётся основополагающим в физике атома. За это время наука прошла путь от осознания симметрии геометрических тел к пониманию симметрии физических явлений.

Таким образом, все физические законы являются симметричными, однако в каждой симметрии, всегда обнаруживается некоторый изъян. Природа не терпит точных симметрий. Природа почти симметрична, но не абсолютно симметрична! Обнаружены нарушения симметрии во многих явлениях физики. Приблизительная симметрия является одной из научных загадок. В книге А.В.Волошинова приведено высказывание американского физика Ричарда Фейнмана о том, что: «...В японском городе Никко есть ворота, которые японцы называют самыми красивыми воротами страны... Это необычайно сложные ворота, со множеством фронтонов, изумительной резьбой и большим количеством колонн, на основании которых вырезаны драконьи головы, божества и т.п. Но, приглядевшись, можно заметить, что в сложном и искусном рисунке на одной из колонн некоторые из его мелких деталей вырезаны вверх ногами. В остальном рисунок полностью симметричен. Спрашивается, для чего это было нужно? Как говорит предание, это было сделано для того, чтобы боги не заподозрили человека в совершенстве. Ошибка была сделана намеренно, дабы не вызвать зависти и гнева богов...»

Господство симметрии в природе объясняет эстетическую ценность симметрии для человека. С детства человек окружён билатеральной симметрией — родители, друзья; зеркальной — бабочки, птицы, рыбы, животные; поворотной — деревья, снежинки; переносной — лестничные марши, решётки и т.д. Человек привыкает видеть в природе вертикальные оси и плоскости симметрии, и вертикальная симметрия воспринимается

нами более охотно. Единственная горизонтальная симметрия, которая встречается в природе, — это отражения в воде. Симметрия воспринимается человеком как проявление закономерности, порядка, царящего в природе. Ле Корбюзье (1887 — 1965) писал: «Человеку необходим порядок; без него все его действия теряют согласованность, логическую взаимосвязь. Чем совершеннее порядок, тем спокойнее и увереннее чувствует себя человек. Он делает умозрительные построения, основываясь на порядке, который продиктован ему потребностями его психики, — это творческий процесс. Творчество есть акт упорядочения». Примеры — узоров полученных зеркальной, переносной, поворотной и орнаментальной симметрией.

Другим элементом эстетического содержания симметрии является её целесообразность, которая также есть проявление закономерного. симметричные Первобытные понимали, люди ЧТО орудия целесообразны, чем несимметричные. И как более совершенная форма – украшения с симметричными рисунками. У древних греков симметрия стала олицетворением закономерности, целесообразности и таким образом красоты. Достаточно вспомнить строго симметричные формы античных архитектурных памятников, изумительную стройность греческих ваз, строгость математическую орнамента. Однако ИΧ неправильная красота, асимметрия, стала одним из элементов искусства, так как сведение красоты только к симметрии ограничивало богатство её внутреннего содержания, лишало красоту жизни. Истинную красоту можно постичь только в единстве противоположностей. Поэтому в настоящее время единство симметрии и асимметрии определяет содержание прекрасного в искусстве. Симметрия воспринимается нами, как покой, скованность, закономерность, тогда как асимметрия означает движение, свободу, случайность.

Слово *«пропорция»* в I веке до н.э. ввёл в употребление Цицерон, переводя с латыни платоновский термин *«аналогия»*, который означал *«вновь — отношение»*, или, как мы говорим, *«соотношение»*. С тех пор пропорцией в математике называют равенство между отношениями четырёх величин a, b, c, d:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$
.

Пропорция в искусстве также определяет соотношение величин элементов художественного произведения либо соотношение отдельных элементов и всего произведения в целом. В эстетике пропорция (как и симметрия) является составным элементом категории меры, и выражает закономерность структуры эстетического образа. В качестве меры соотношения симметричного и асимметричного также выступает пропорция. Отрезок, разделённый пополам, зеркально-симметрично,

выглядит уравновешенным, мёртвым. Если деление произвести близко к одному из концов, то новая конфигурация выглядит неуравновешенно, беспокойно. Только некоторая *«золотая середина»*, но не геометрическая, обеспечивает единство симметрии и асимметрии. Такое «радующее глаз» деление отрезка, было известно Пифагору и называлось им золотой пропорцией. Однако считают, что это знание он позаимствовал у древних египтян. Золотая пропорция определяется как деление отрезка на две неравные части, при котором меньшая из них так относится к большей, как последняя к всей длине отрезка. Леонардо да Винчи восхвалял золотую пропорцию и называл её «Sectio aurea» или золотое сечение. Иоганн Кеплер, обнаружив золотую пропорцию в ботанике, именовал её «Sectio divina» (божественное сечение). Таким образом, будучи мерой, законом природы, золотое сечение становится и мерой человеческого творчества, «законом красоты». Золотое сечение находится всюду: в изобразительном и прикладном искусстве, в музыке и архитектуре, в технике, в предметах кульминацией в поэтических, драматургических и является музыкальных произведениях. Оно есть в различных цивилизациях, удалённых друг от друга тысячелетиями. Считают, золотое сечение приобретено человечеством в процессе исторического развития и дано природой в пропорциях его же тела и поэтому стало для него эталоном красоты.

как противоположность идеи Хаоса, Идея Гармонии, тысячелетнюю традицию, и несмотря на некоторое отличие в культурах Востока и Запада главное в этой идеи – гармония жизни. Школа Нобелевского лауреата Ильи Пригожина разработала неравновесных процессов, т. е. в открытых системах, обменивающихся с окружающей средой энергией и веществом и составляющих основу всего мироздания, возникают процессы самоорганизации, т.е. процессы, в ходе которых из физического хаоса рождаются некоторые структуры. В металлургии – после расплавления металла, чем выше температура, тем больше хаос (теория ближнего и дальнего порядка), а при охлаждении при температурном обмене из хаоса рождаются структуры металла.

«В начале сотворил Бог небо и землю. Земля же была безводна и пустота, и тьма над бездною, и Дух Божий носился над водою».

Библия.

Греческому слову *«гармония»* около трёх тысяч лет. В *«Илиаде»* Гомера оно означает *«мир, согласие»*, а в *«Одиссее» - «скрепы, шипы»*. Сегодня гармония в философии и эстетике означает соразмерность частей и целого, слияние различных компонентов объекта в единое органичное целое. Для пифагорейцев гармония означала организованность вселенной, она противостояла хаосу и определяла устройство всего мироздания.

Гармония — изоморфное единство разнокачественных начал. Апофеозом учения о гармонии является античный тезис: «Познай самого себя, и ты познаешь Богов и Вселенную». Гераклит, видел в основе всего, и в гармонии, борьбу противоположностей. Таким образом, дополняя друг друга, разные взгляды определяют гармонию как единство разнокачественных начал (ближе к мирозданию) и как единство взаимоисключающих противоположностей (ближе к искусству).

В современных воззрениях на гармонию можно выделить три аспекта — математический, эстетический и художественный. На ранних этапах существовало математическое толкование гармонии. Она трактовалась как соразмерность, пропорциональность отдельных частей, а также частей и целого. Это толкование характерно было для пифагорейцев, и для мыслителей средневековья. В эпоху Средневековья гармония понимается как эстетическое начало, т.е не только количественное, а и качественное. В европейской эстетике красота природы становится неотделимой от представления о её гармонии.

Художественная гармония — это гармония искусства, это не только математическое соотношение между однородными элементами, но и единство противоположных эстетических категорий: прекрасного и безобразного, трагического и комического, возвышенного и низменного. Благодаря единству и борьбе этих противоречивых категорий художественная гармония приобретает движение и наполняется жизнью.

Поиски скрытой гармонии – высший удел и учёных, и художников.

Полезность красивой вещи не всегда оправдывалась, так Джон Рескин говорил: «Искусство – это то, что бесполезно. Как только вещь становится полезной, она более не может быть красивой». Фараоны Древнего царства, построившие пирамиды имели такие же взгляды на полезность и красоту, их усыпальницы останутся в истории человечества непревзойдённым образцом самого грандиозного и самого бесполезного сооружения. Следует сказать, что выбор правильной, симметричной пирамиды красота, которой заключается В eë правильности пропорциональности говорит прекрасной подготовленности 0 древнеегипетских зодчих. Пропорции являются важным и надёжным средством достижения хрупкого И тонко сбалансированного равновесия между целым и его частями, имя которому – гармония. Но это очень сложная задача - соединение частей в единое гармоничное целое. гармонию следует остановиться на TOM, что естествоиспытатели видят в целесообразном и совершенном устройстве мироздания, которое находит выражение в *«красивых»* математических уравнениях и принципах симметрии. Особенно это характерно для гармонии в архитектуре, так как её рассматривают как сложную иерархическую систему, которая связывает все элементы архитектурной композиции в единое художественное целое и которая проявляется в математических законах пропорциональности. Пропорциональность является наиболее ярким, зримым, объективным и математически закономерным выражением архитектурной гармонии.

Однако следует сказать, что ни древние египтяне, ни древние греки, ни средневековые каменщики, ни плотники Древней Руси не сохранили для потомков секреты своих пропорций. После изучения «Десяти книг об архитектуре» Витрувия, понятие – «точная соразмерность» стали понимать, как кратность всех частей сооружения основному модулю. Модуль в архитектуре (*om лат. modulus* – *мера*) – это единица измерения, принимаемая для согласования размеров частей сооружения между собой и со всем сооружением. В старину мастера колокольного литья использовали в качестве модуля части диаметра колокола, которые соответствовали определённым музыкальным тонам. Чаще использовался линейный модуль, когда мерой чего-либо являлась мера длины. В истории человечества мера длины всегда связывалась с человеком: шаг, сажень, стопа, пядь, фут, дюйм, ярд (введён английским королём Генрихом I и равнялся расстоянию от кончика носа его величества до конца среднего пальца его вытянутой руки). И.А. Бондаренко в статье о мерах зодчества что: «Выявленные русскими и советскими историками указывал, метрологии основные меры длины, бытовавшие в Древней Руси, а именно: пяди, локти и сажени по своим наименованиям и значениям, а также по системе последовательного деления на 2, 4, 8... и на 3,6,12... оказываются чрезвычайно близкими мерам других стран средневековой и античной Европы, передней Азии и Африки, в особенности византийским мерам» (табл. 1.1).

Таблица 1.1 Византийские меры

| N_0N_0 | Наименование | Размер, | N_0N_0 | Наименование | Размер, |
|-----------|--------------|---------|-----------|----------------|---------|
| Π/Π | меры | СМ | Π/Π | меры | СМ |
| 1. | дактиль | 1,95 | | лихас | 19,50 |
| 2. | кандиль | 3,90 | | спитам | 23,40 |
| 3. | антихер | 5,86 | | фут | 21,23 |
| 4. | палестра | 7,81 | | пехис | 46,8 |
| | | | | геометрический | |
| | | | | пехис | 62,46 |
| 5. | дихас | 15,62 | | бема | 78,10 |

Построение всех систем мер на основе простого арифметического счёта приводило к тому, что соотношение различных мер представляло собой набор простых дробей: 1/2; 1/3; 1/4; 1/5; 1/6; 1/7; 2/5; 2/7; 3/4; 3/5; 4/5; 4/7; 5/6; 5/7; 6/7; 7/8; 7/9; 7/10; 8/9.

Как указывает автор статьи с небольшой долей приближения в этом множестве величин можно найти такие, которые дадут при делении соотношения диагонали квадрата к его стороне (7/5 или 10/7 ~ 1,41) или высоты равностороннего треугольника к его стороне (~ 7/8), значения $\sqrt{3} \approx \frac{4}{7}; \sqrt{5} \approx \frac{4}{9}; \sqrt{7} \approx \frac{3}{8};$ без особого труда можно выстроить также ряд Фибоначчи. В табл. 1.2 приведены древнерусские меры длины.

Таблица 1.2 Древнерусские меры длины

| N_0N_0 | Наименование | Размер, | N_0N_0 | Наименование | Размер, |
|-----------|----------------|---------|-----------|----------------------|---------|
| Π/Π | меры | СМ | Π/Π | меры | СМ |
| 1. | ладонь | ~ 7,8 | 8. | локоть | ~ 46,8 |
| 2. | пядь малая | ~ 19,5 | 9. | шаг | 78 |
| 3. | пядь великая | ~ 23,4 | 10 | сажень простая | 155 |
| | | | | прямая | |
| 4. | пядь – «нога» | ~ 27,3 | 11. | сажень трубная или | 186 |
| | | | | церковная | |
| 5. | пядь с | ~ 31,2 | 12. | сажень | 216 |
| | «кувырком» | | | государственная, | |
| | | | | казённая | |
| 6. | локоть малый | ~ 39,0 | 13. | сажень косая великая | 248 |
| | | | | (по Б.А. Рыбакову) | |
| 7. | локоть большой | ~ 54,6 | 14. | сажень косая великая | 280 |
| | | | | (по Г.Я. Романовой) | |

Ниже приведены русские меры:

Аршин – 16 *вершков* – 71,12 *см*.

Фунт (русский) — 0,40951241 кг или 1/40 пуда — 32 лота — 96 золотников — 9216 долей.

1 берковец (10 nyдов) – 163,805 кг.

Пуд (русский) – 40 фунтов – 16,38 кг.

1 Дюйм – 1/12 фута – 10 линий – 2,54 см.

 $1 \phi ym - 1/7 сажени - 12 дюймов - 0,3048 м.$

1 вершок – 1/16 аршина – 44,45 мм.

1 аршин – 16 вершков – 711,2 мм.

1 фунт – 409,512 г.

1 пуд − 16,38 кг.

1 золотник – 1/96 фунта – 4,26575 г.

1 доля — 44,4349 мг.

1 четверть − *4 вершка* − *177,8 мм*.

1 линия — 2,54 мм.

1 лот — 12,7973 г. 1 золотник — 4,26575 г.

Таким образом, в эпоху Возрождения «точная соразмерность» арифметической: модуль должен целое должна каждой частей архитектурного откладываться ИЗ сооружения. Допускались только рациональные пропорции, отношения целых чисел. Но, однако, как оказалось, древние пользовались иррациональными пропорциями. Это древние математики и зодчие – Имхотепа и Хесира, жившие в XXVIII веке до н.э. - строители первой в истории Древнего Египта пирамиды фараона Джосера в Саккаре. На стенах гробницы Хесира были изображены две палки – два эталона меры. Оказалось после измерения длины этих палок, что их отношение составляет $\frac{1}{\sqrt{5}} = 0,447!$

Другим примером искусства древних мастеров является экспонат музея в Неаполе — циркуль, найденный при раскопках в Помпеях. Пропорциональный циркуль является рабочим инструментом архитектора. Он состоит из двух равных по длине ножек, скреплённых винтом наподобие ножниц, и позволяет (минуя вычисления) для любого отрезка получить отрезок, находящийся с ним в заданном отношении. Оказалось, что помпейский циркуль наглухо закреплён в отношении золотого сечения.

Примеры геометрического построения иррациональных отношений приведены на puc. 1.2: диагональ квадрата (puc. 1.2,a), система прямоугольников с иррациональными отношениями сторон (puc. 1.2, δ), золотое сечение в системе «dsoйной квадрат» (puc. 1.2, s), помпейский пропорциональный циркуль, установленный на золотое сечение (puc. 1.2, s).

Циркуль из Музея терм в Риме интересен тем, что он также имеет длину вполовину римского фута -146 мм, но настроен на другую иррациональную пропорцию (больший отрезок -92 мм, меньший -52 мм):

$$\frac{52}{92} = \frac{\sqrt{5} - 1}{\sqrt{5}} = 0,533.$$

Геометрически эта пропорция означает отношение отрезка AD ко всей диагонали AC. Однако до настоящего времени неизвестно, на каких пропорциях строились знаменитые произведения древними зодчими. В частности Парфенон был и остаётся самым совершенным из архитектурных сооружений, архитектурной скульптурой, мраморным сводом законов античного мира.

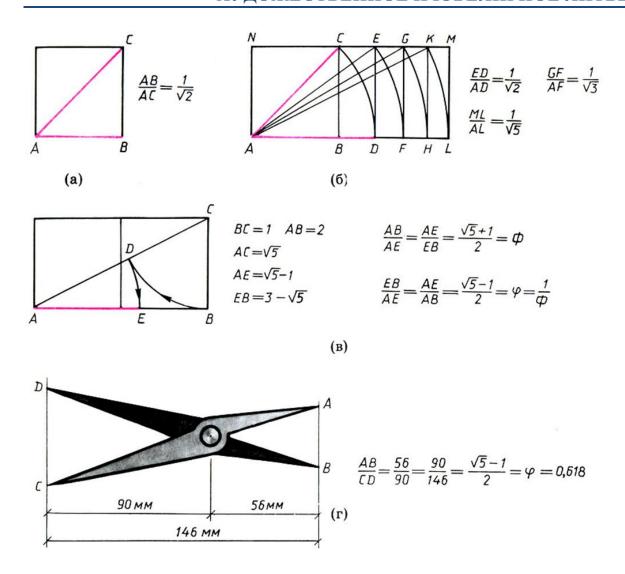


Рис. 1.2. Примеры геометрического построения иррациональных отношений [1]

«Геометрия владеет двумя сокровищами: одно из них — это теорема Пифагора, а другое — деление отрезка в среднем и крайнем отношении. Первое можно сравнить с мерой золота; второе же больше напоминает драгоценный камень».

И. Кеплер.

Пятиконечной звезде — около 3000 лет и её первые изображения были получены с вавилонских глиняных табличек. Звёздчатый пятиугольник привёз Пифагор и сделал его символом жизни и здоровья, а также тайным опознавательным знаком. В средние века этот знак предохранял от *«нечистой силы»*.

Всем понятно, что это совершенная форма, но почему она радует глаз и разум? Оказывается, звёздчатый пятиугольник состоит из

пропорций, и прежде всего из золотой пропорции. Считают, что его построение — деление окружности на пять равных частей, является примером «обретения неочевидной истины». Непростая задача — деление на пять равных частей — разбирается в сочинениях — «Начала» Эвклида, «Альмагест» Птолемея, «Руководство к измерению» Дюрера. Интересно, что все углы пятиугольника разные, так углы 1 и 2 равны 108°21'58", а углы 4 и 5 чуть больше 107°, а угол С чуть больше 109° (по Дюреру). Соединяя последовательно точки деления, получаем правильный пятиугольник, диагонали которого образуют пятиконечную звезду. Внутри звезды при этом вновь образуется правильный пятиугольник, диагонали которого дают новую пятиконечную звезду (рис. 1.3).

При рассмотрении построенных треугольников можно найти пропорцию AB/AД = АД/ДВ, т.е. *«целое»* (AB) так относится к большей части (AД), как большая часть к меньшей (ДВ). Таким образом, точка Д делит отрезок AB в золотом сечении. В целом, исследователи отмечают, что пятиугольник и пятиконечная звезда, образованная его диагоналями, обладает интересными свойствами:

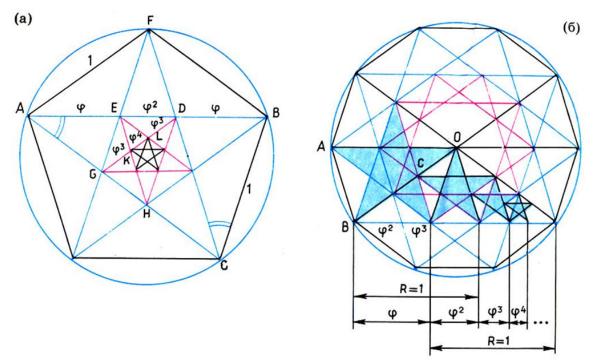


Рис. 1.3. Ряд золотого сечения 1, φ , φ 2, φ 3, ... в последовательности звёздчатых пятиугольников (а) и звёздчатых десятиугольников (б) [1]

✓ Пересекающиеся диагонали правильного пятиугольника делят друг друга в золотой пропорции

$$\frac{AB}{AD} = \frac{AD}{DB} = \Phi.$$

✓ Сторона правильного пятиугольника, сторона вписанной в него пятиконечной звезды и сторона образованного звездой внутреннего пятиугольника также соответствуют золотой пропорции

$$\frac{AF}{AE} = \frac{AE}{ED} = \Phi.$$

- ✓ Стороны правильных пятиугольников и вписанных в них звёзд образуют ряд золотого сечения, который является бесконечно убывающей геометрической прогрессией.
- ✓ Отрезки пятиконечной звезды AB, AD, AE и ED связаны между собой всеми видами «древних» средних, а именно:

$$AD = \frac{AB + ED}{2}$$
 - арифметическое среднее;

$$AD = \sqrt{AB \cdot AE} uAE = \sqrt{AD \cdot ED}$$
 - геометрическое среднее;

$$AE = \frac{2AB \cdot ED}{AB + ED}$$
 - гармоническое среднее.

✓ Из всех равнобедренных треугольников только треугольник, у которого углы при основании (72°) вдвое больше угла при вершине (36°) , обладает особым свойством: биссектриса угла при основании делит противоположную сторону в золотом сечении. Такой треугольник получил название *«возвышенного»*.

Если рассмотреть ряд *«золотого сечения»*, то можно видеть, что его коэффициенты образуют последовательность натуральных чисел

Последовательности, в которых каждый член определяется как некоторая функция предыдущих, называются рекуррентными или возвратными. Впервые такая последовательность была описана в 1202 г. в «Книге об абаке» итальянским купцом и математиком Леонардо из Пизы, по прозвищу Фибоначчи. С тех пор последовательность называется рядом Фибоначчи, а её члены числами Фибоначчи. Интересно то, что отношение последующего члена ряда к предыдущему с ростом количества членов стремится к коэффициенту золотого сечения — 1,618.

Ряд золотого сечения и ряд Фибоначчи обладают исключительными математическими свойствами, и находят своё приложение в искусстве, в живой природе и в архитектуре (*puc.* 1.4).

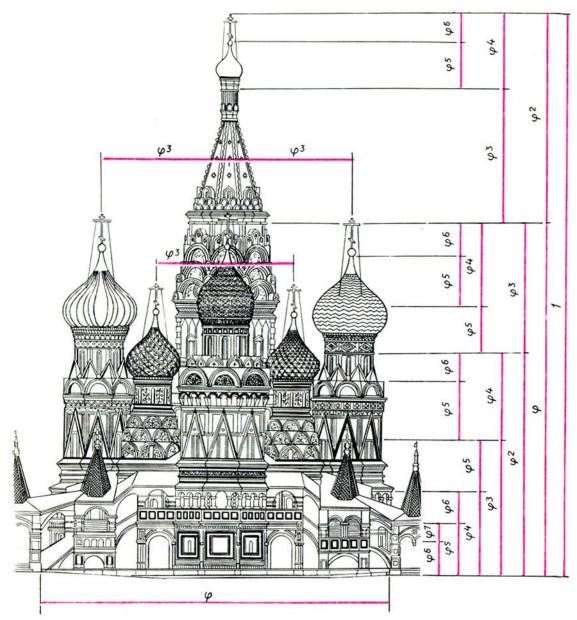


Рис. 1.4. Пропорции храма Василия Блаженного в Москве [1]

Нет живописи более поэтичной, чем живопись Боттичелли, особенно это касается его «Венеры» (1483 - 1484). Неповторимое нервное изящество боттичеллевских линий и болезненная хрупкость его вытянутых фигур. Неповторима младенческая чистота Венеры и кроткая печаль её взора. Неповторим льнущий к телу клубок её золотых волос, в котором, как в клубке змей, таится роковое коварство этого безгрешного существа. Но Боттичелли ДЛЯ неоплатоника его Венера, так же как ДЛЯ неопифагорийца Поликлета его Дорифор – это воплощение идеи универсальной гармонии золотого сечения, господствующего в природе. На рис. 1.5 показан пропорциональный анализ Венеры.

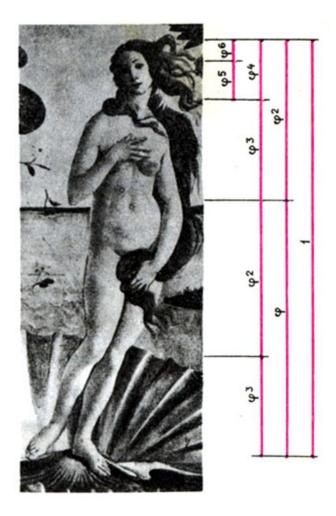


Рис. 1.5. Пропорциональный анализ Венеры [1]

Известно высказывание древнегреческого философасофиста Протагора: «Человек – мера всех вещей...». Это справедливо, так как между живыми линиями человеческого тела и древними сооружениями есть определенная взаимосвязь. Известно, что многие пытаются объяснить пропорции Парфенона пропорциями золотого сечения, однако пор ЭТО ДО сих доказано и является загадкой.

В связи с вышесказанным возникла необходимость изложения известной теории парных мер. Парные меры — это два эталона длины α и b, которые позволяли устанавливать одинаковые отношения между отдельными парами архитектурного сооружения α : $b = n\alpha$: nb (n = 1, 2, 3, ...).

Считают, что были геометрические объекты: сторона и диагональ прямо-

угольника. Всё сводится к началу геометрии (землемерие), т.е. к измерению земельных площадей. Древнейшим методом таких измерений был метод приложения. Этот способ измерения заключался в том, что к измеряемому прямоугольнику прикладывается эталон площади (квадрат). В прямоугольнике, который образован стороной эталона и стороной участка, проводилась диагональ ДО пересечения измеряемого продолжением второй стороны эталона. Получались три прямоугольника. Два из них, через которые прошла диагональ, подобны, а третий равновелик эталону. Сторона равновеликого прямоугольника и служила линейной мерой для определения площади, так как измерение сводилось к простому подсчёту числа линейных мер В стороне измеряемого прямоугольника.

Интересно, что из всего множества прямоугольников квадрат и двойной квадрат обладают практическим преимуществом, потому что требуют для построения прямого угла не три, а две меры, так как в двойном квадрате большая сторона получается двукратным отложением малой. Таким образом появились парные меры $1:\sqrt{2}$ и $1:\sqrt{5}$.

Для древнегреческой философии, искусства и религии всегда было характерно очеловечивание сил природы — антропоморфизм. Поэтому пропорции в архитектуре были выбраны в соответствии с пропорциями человека. Так, со времени Поликлета установлено, что если стопу человека принять за единицу измерения — фут (греческий фут = 30,89 см), то рост человека составит 6 футов, а голова вместе с шеей — 1 фут. Следовательно, на оставшуюся часть тела приходится 5 футов. Именно эта часть и олицетворяет «крепость и красоту мужского тела». Таким образом, поскольку груз должен ложится на плечи человека, то древнегреческие колоны выполнялись в таких пропорциях: (нижний диаметр колонны): (высота ствола колонны) = (ширина капители по абаке): (высота колонны с капителью) — (стопа человека): (высота человека от стоп до основания шеи) = 1:5.

В Древней Греции были рождены классические ордеры (opdep-om лат. nopяdok): дорический, ионический и коринфский. Следует сказать, что дорический ордер (opdep Парфенона) считается наиболее монументальной формой ($puc.\ 1.6$). Кроме пропорций человека 1 : 5 в нём используется среднее геометрическое чисел 1 и 5, т.е. $\sqrt{5} = \sqrt{1} \cdot 5$ (1 : $\sqrt{5} = \sqrt{5} \cdot 5$).

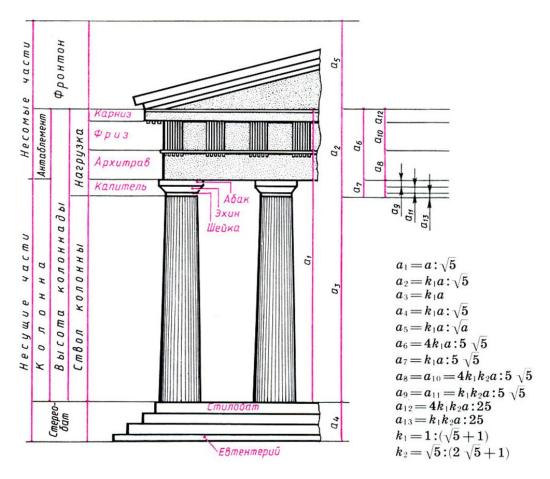


Рис. 1.6. Основные элементы дорического ордера [1]

Из истории известно, что если даже в колоннах древние греки видели могущество мужского тела, то в готической архитектуре господствует геометрия. Треугольники и квадраты — простейшие геометрические фигуры — вот основа готических пропорций.

Антропометрические меры соразмерны человеку и естественно в них заложены пропорции, отобранные самой природой, и таким образом в них заложена гармония природы.

В Древней Руси основной строительной мерой являлась сажень, равная размаху рук в сторону. Сажень делилась на 2 полусажени, полусажень — на два локтя — расстояние от кончиков пальцев до локтя, локоть — на 2 пяди — расстояние между вытянутыми в противоположными стороны большим пальцем и мизинцем.

Основные древнерусские меры длины и геометрическая взаимосвязь между ними показаны на *puc.* 1.7.

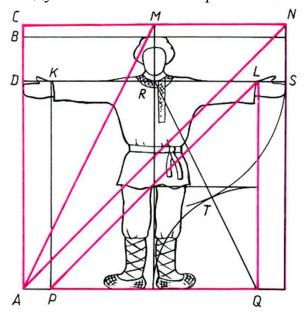


Рис. 1.7. Основные древнерусские меры длины

Рост человека: $\alpha = AB$.

Мерная сажень: $C_H = AC = CN = 1,03\alpha$.

Малая (*тмутараканская*) сажень: $C_T = AD = KL = 5/6\alpha = 0.833\alpha$.

Сажень без чети: $C_{\rm q} = AM = \sqrt{5/2}$ $C_{\rm M}$.

Косая новгородская сажень: $K_H = PL = \sqrt{2} \ C_T$.

Косая великая сажень: $K_B = AN = \sqrt{2} C_M$.

Соотношения между саженями:

$$\frac{C_T}{K_H} = \frac{C_M}{K_B} = \frac{1}{\sqrt{2}};$$

$$rac{C_T}{C_M} = rac{1}{\sqrt{5} - 1} \Rightarrow rac{C_M \, / \, 2}{C_T} = rac{RS}{LG} = rac{\sqrt{5} - 1}{2}$$
 - золотое сечение;

$$\frac{C_q}{C_M} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$
 - функция золотого сечения.

В 1970 году была найдена Новгородская мерная трость, которая уточняла размеры, применяемые на Древней Руси. Так как известно, что присутствовала неразбериха от применяемых различных саженей. Было уточнено, что Новгородские меры XII века соответствуют росту человека: $\alpha = 170.5$ см. Тогда CM = 175.6 см, CT = 142.1 см, KH = 200.9 см, KB = 248.3 см, CЧ = 196.3 см. Если же рост человека принять равным 6 греческим футам: $\alpha = 185$, 22 см, то для основных саженей (*мерной и*

малой) получим значения: CM = 190.8 см и CT = 154.3 см. Эти меры часто встречаются в древнерусских храмах которые, как считают, строили византийские мастера. Абсолютные размеры саженей колебались вплоть до 1918г., когда была введена метрическая система мер. Итак, красота пропорций древнерусского зодчества заложена самой В древнерусских мер, использовавших такие важнейшие пропорции, как золотое сечение, функции золотого сечения, отношения золотого квадрата. Были у древнерусских мастеров и свои собственные секреты. Один из секретов раскрыт в рядной записи плотника Фёдора на постройку деревянной церкви Усть-Кулуского погоста, где сказано: «А рубить мне, Фёдору, в высоту 9 рядов, а от полу до поволоки – как мера и красота скажет ...». Это высказывание мастера выражает суть диалектики взаимодействия рационального (мера) и чувственного (красота) начал в достижении прекрасного, союз математики (мера) и искусства (красота) в создании архитектурных памятников.

7 апреля 1795 г. во Франции была введена метрическая система мер, в разработке которой участвовали Лаплас, Монж, Кондорсе. За единицу длины — метр — была принята 1/10 000 000 часть ¼ длины парижского географического меридиана. Обладая бесспорными преимуществами, эта система не была связана с человеком и его пропорциями. Как утверждал Ле Корбюзье: «....Архитектура, построенная на метрических измерениях, сбилась с правильного пути». Поэтому требовалось найти такие методы пропорционирования, которые обладали бы максимальной гибкостью, простотой и универсальностью. И в 1949 году Ле Корбюзье предложил в качестве такого измерителя систему модульной унификации — модулор.

«Модулор — это измерительный прибор, в основе, которого лежат человеческий рост и математика».

Ле Корбюзье

$$Modyлop$$
 — это ряд золотого сечения: ... Φ^{-4} Φ^{-3} Φ^{-2} Φ^{-1} Φ^{0} Φ Φ^{2} 0,146 0,236 0,382 0,618 1 1,618 2,618 ...

умноженный на два коэффициента. Первый коэффициент k_1 равен росту человека; умножая на k_1 , Корбюзье получает так называемый красный ряд. Второй коэффициент k_2 равен расстоянию от земли до конца поднятой руки человека (это большая сажень в древнерусской системе мер). При умножении на k_2 получаем синий ряд. Остаётся выбрать числовые значения коэффициентов. Желая примерить в модулоре английскую и французскую системы мер, а также следуя античной традиции, согласно которой рост человека равен 6 футам, Корбюзье взял в качестве k_1 6 английских футов, т.е. $k_1 = 6 \cdot 30,48 = 182,88$ см. Значит k_2 принято равным 226,0 см. Так были получены красный и синий ряды.

| Красный ряд: | 26,7, α ₋₄ , | | 182,9, $\alpha_0 = \mathbf{k}_1$, | 478,8, α ₂ , |
|--------------|----------------------------|------|------------------------------------|----------------------------|
| Синий ряд: | 33,0, b ₋₄ , | | 226,0, $b_0 = k_2$, | _ * * |

Числа красной и синей шкал модулора – действительные размеры, соответствующие определённым положениям тела человека (*puc. 1.8*).

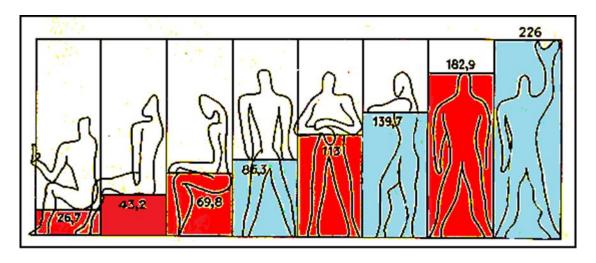


Рис. 1.8. Модулор Ле Корбюзье

Значения k_2 было выбрано таким ещё и потому, чтобы между красным и синим рядами, существовала простая связь:

$$b_n = 2\alpha_{n-1} \ (n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots).$$

Следовательно, синий ряд есть удвоение красного ряда. Будучи геометрическими прогрессиями, члены обоих рядов модулора образуют цепь равных отношений, т.е. воплощён принцип гармонии: *«из всего – единое, из единого – всё»*.

Недостатком созданного модулора (*coomветствие футам и метрам*) стала несоразмерность его со средним ростом человека. Это не позволило его широко использовать.

Проблема гармонизации частей и целого уже давно волнует техническую эстетику. Повышение эстетических качеств, промышленных изделий, придание им красивой формы и одновременно их стандартизация - одна из важнейших задач технической эстетики. Для того, чтобы связать части целого единым пропорциональным отношением, строятся так предпочтительных называемые ряды чисел (R), которые являются геометрическими прогрессиями. В качестве знаменателей прогрессий выбирают степени числа 10. При этом сами степени в свою очередь образуют геометрическую прогрессию со знаменателем: ½, 1/5,

1/10, 1/20, 1/40. Таким образом, получаются инвариантные гармонические ряды: R5 ($q = \sqrt[5]{10} \approx 1,5849$), R10 ($q = \sqrt[10]{10} \approx 1,2589$), R20 ($q = \sqrt[20]{10} \approx 1,1220$), R40 ($q = \sqrt[40]{10} \approx 1,0593$), которые связаны тем, что предыдущий ряд «вложен» во все последующие. Кроме того, поскольку $10^{3/10} = 10^{6/20} = 10^{12/40} = 1,9951 \approx 2$, то в ряду R10 происходит удвоение чисел через каждые три члена, а ряду R20 — через 6 членов, а ряду R40 — через 12 членов. Исходя из этого свойства значения предпочтительных чисел — округляются.

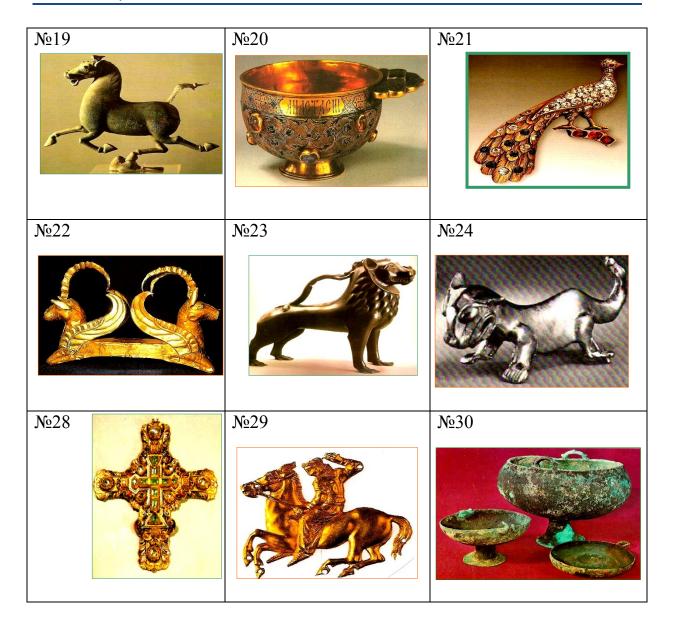
Существует ещё одна геометрическая прогрессия, которой широко пользуются, её ввёл в начале века немецкий учёный Портсман. Он выбрал отношение сторон прямоугольного листа бумаги α : b из условия, чтобы при складывании (фальцовке) эта пропорция сохранялась, т.е. α : b = b: $\alpha/2$. Решив это уравнение, получаем α : b = $\sqrt{2}$. В качестве исходного формата был выбран лист площадью 1 м² со сторонами 1189 × 841 мм ($\sqrt{2}$:1), а затем найдены и его доли: ½ м² = 841 × 594 мм; ¼ м² = 594 × 420 мм; 1/8 м² 420 × 297 мм; 1/16 м² = 297 × 210 мм – лист для пишущей машинки и компьютера; 1/32 м² = 210 × 148 мм; 1/64 м² = 148 × 105 мм – формат почтовой открытки. Таким образом, был построен формат бумаги RA.

ПРИМЕРЫ КЛАССИЧЕСКИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ



ХУДОЖЕСТВЕННОЕ И ЮВЕЛИРНОЕ ЛИТЬЕ





1.4. Зарождение канонов и применение «золотого сечения»

Среди древневосточных государств было государство, которое просуществовало, мало изменяясь около трёх тысяч лет, и создало благородную высокую, чистую культуру, изменив грубую И тяжеловесность форм и выработав свои приёмы и художественные формы. Его культура существенным образом повлияла на искусство не только Востока, но и Греции. Известно, что ведущие творцы страны – зодчие, скульпторы и живописцы (особенно зодчие) – были высокопоставленными лицами, очень часто жрецами, их имена были известны и окружены почётом. Зодчий Хемиун, руководивший строительством пирамиды Хеопса, был племянником этого фараона.

Однако, проявление индивидуальностей было ограничено, так как роль художника мыслилась как роль хранителя священных канонов,

вершителя божественной воли. В отличие от кратковременной земной жизни искусство считалось носителем жизни вечной и освобождалось от неустойчивого. мгновенного, изменчивого, подвижном искусство разнообразии жизни египетское искало немногие, непреложные изобразительные формулы. Оно действительно выработало язык, отвечающий идее постоянства, - язык экономного графического знака, строгой и ясной линии, чёткого контура, компактных, предельно обобщённых объёмов.

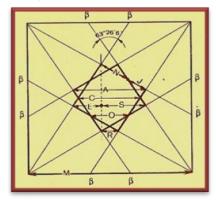


Рис. 1.9. Квадрат канонических пропорций искусства Древнего Египта

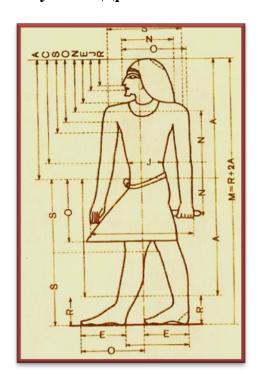


Рис. 1.10. Построение изображения канонического типа

Свод правил художественной культуры Древнего Египта сложился в эпоху Раннего царства (I – II династии). Канон формировался и закреплялся в древнеегипетскими культами связи власти и загробного существования. Его перед античным отличием каноном подчёркнутая является эстетизация математического, точнее геометрического Он объединял принципы начала. композиции. иконографию, художественные техники и отдельные приёмы изображения вплоть для мелких деталей. Специалисты отмечают гармоническое изобразительного сопряжение ряда иероглифики. элементов Египетская иероглифика сочетала в себе знаковосимволическое и собственно эстетическое начала.

Древнеегипетский канон опирался на восемь пропорциональных величин, полученных из геометрических построений после деления сторон исходного квадрата в отношении золотого сечения (рис. 1.9, 1.10).

художественных «Канон – свод способствующих выявлению правил, локальных черт изобразительном искусстве, присущих именно данной культуре, закреплению их памятниках»

Н.А. Померанцева.

Пересечение диагоналей, проведенных в точки деления сторон в пропорции золотого сечения (β) , образует два малых квадрата. Искомые восемь величин составляют отрезки между вершинами и точками пересечения сторон малых квадратов. Это величины, порядке возрастания, величины R, J, E, N, k, S, C, A. При этом треугольники, образованные диагоналями большого квадрата, геометрически подобны граням пирамид в Гизе. Для канонических типов статуй и рельефов максимальный размер фигуры соответствует стороне большого квадрата. Местоположение отдельных элементов фигуры – уровень носа, рта, шеи, определяется восемью плеч, пояса Т.Д. последовательно возрастающими величинами, отмеряемыми от верхнего предела. Система пропорций могла использоваться в одном изображении для построения фигуры человеческой И тела животного. Ha плоскости передавалась следующим образом – голова и ноги изображались в профильном повороте, а плечи поворотом в фас. За счёт тонкого расчёта пропорций достигалась изящная стилизованность и вместе с тем жизненная убедительность таких изображений. Каноническим считался приём установки статуи, изображающую человека, во фронтальный разворот, с выдвинутой левой нагой. Многочисленные египетские фигуры сидящих писцов заключены в воображаемый треугольный контур, который делал фигуры более устойчивыми и пластически точными в передачи сюжета.

Канон древнеегипетского искусства включал широкий круг понятий, иконографию образов, объединяя композицию памятников, разнообразных художественные средства их воплощения. Среди компонентов, входящих в канон, пропорциональные соотношения составляли его сущность. Система пропорций являлась той основой, которая обеспечивала синтез всех видов искусства и приводила в гармоничное равновесие все элементы внутри композиции. Приём пропорционирования, сложившийся в единую, универсальную систему соотношений, стал абсолютным критерием художественного совершенства.

В основу конструкции пирамиды положены пропорции золотого сечения. Необходимо представить себе квадрат, стороны которого разделены в золотом сечении. Проведенные в точки их деления диагонали при своем пересечении образуют два производных квадрата, стороны которых в свою очередь также пересекаются в золотом сечении. Соединив их противолежащие вершины, получим восемь отрезков, каждый из которых будет являться геометрическим выражением одной из восьми пропорциональных величин, являющихся функциями золотого сечения. Таким образом, восемь величин, полученных из девятой (исходной, обозначенной буквой М), составят пропорциональную шкалу RDH, где

исходная величина соответствует максимальному размеру заданной композиции.

Произведенные построения дают лишь геометрическую форму выражения пропорциональной шкалы, где величины располагаются в порядке возрастания - R, I, E, N, o, S, C, А. Числовые значения их могут быть вычислены из тех же построений, если для удобства расчёта условно необходимо принять сторону исходного квадрата за две единицы. Геометрическое выражение пропорциональных величин не уподоблялось некому эталону измерения. Числовые значения получены в безразмерных величинах, допускающих использование любых единиц измерения, будь то локоть, стопа, кулак, употреблявшиеся в Древнем Египте, или современная метрическая система.

В основу построений положены пропорции золотого сечения, которые дают в отношении золотое число $\Phi = 1,618...$, пропорциональные величины выражаются иррациональными числами, представляющими бесконечную десятичную дробь. Считают, что египтяне знали об иррациональных числах, и для них в мифологических представлении существовало понятие неопределённости и беспредельности.

На основании анализа памятников изобразительного искусства можно предположить, что канон являлся для египтян выражением божественного порядка, претворяемого как в образной форме, так и в количественно-структурных отношениях; человеческое тело, уподобленное божественному первообразу, включалось в космическую орбиту бытия и мыслилось целостно.

В древнеегипетской пластике и росписях существовало несколько канонизированных типов; среди них самые распространённые следующие: фигура, изображённая в полный рост с выставленной вперёд левой ногой; сидящая на троне фигура; фигура коленопреклонённая; композиция писцов.

Система пропорциональных соотношений фиксировала местоположение всех основных элементов фигуры. Высота её принималась за М, из расчёта которой (роста) вычислялись или вымерялись все остальные величины шкалы RDH, располагавшиеся в порядке возрастания, начиная с наименьшей R и кончая наибольшей A.

Эмоционально-художественная сила воздействия, которой отличается древнеегипетский портрет, достигается за счёт глубокого проникновения художника в сущность образа. А.Ф. Лосев писал: «Египетский портрет (хотя он и создан скульптурно) по своему стилю и мировоззрению есть архитектурный портрет, он есть конкретное вместилище данного конкретного лица, этого самого «КА». Античный же скульптурный портрет эпохи классики есть не только скульптура в смысле использования здесь физических материалов, но он есть

скульптурный портрет и по своему стилю и по своему мировоззрению, он уже не просто вместилище лика, но и самый лик».

Следует сказать, что греки относились к искусству совсем иначе, более свободно, но и они удивлялись устойчивости художественных традиций Древнего Египта. Так, ещё в Древнем царстве сложились строго определённые типы статуй: стоящей – фигура напряжённо выправлена, фронтальна, голова высоко поднята, левая нога делает шаг вперёд, руки опущены и прижаты к телу; сидящей – руки симметрично положены на колени или одна рука согнута в локте, торс также выпрямлен, взор также устремлён вдаль. Эти узаконенные типы статуй неоднократно повторялись потом и в Среднем и в Новом царстве, и в поздний Саисский период египетской истории. Кроме того, в рельефах Древнего царства утвердилась традиция распластывания фигуры на плоскости. Голова изображались в профиль, а торс развёрнутым. И этот изображения сохранялся всегда. В эпоху Нового царства появлялись отдельные изображения головы в фас, однако они были единичны. Интересно, что даже в деталях искусство Египта было постоянным, но как отмечают искусствоведы даже в этом постоянстве непрерывно шёл процесс внутреннего развития.

Искусствоведы считают, что эпоха Древнего царства это египетская классика, потому что искусство в этот период монументально, спокойно и торжественно, в нём ощущается размеренность, ритмичность и величавость. Самое главное, что в это время отмечается жизненность, движение вперёд всего искусства по сравнению даже с периодом Среднего царства. Каноны были разработаны недавно и были более жизненны, чем в последующие тысячелетия.



Рис. 1.11. Зодчий Хесира. Фрагмент деревянной панели из гробницы Хесиры в Саккаре. XXVIII в. до н.э.

Особенно потрясает портретный деревянный рельеф «Зодчий Хесира» 1.11), созданный третьего тысячелетия до н.э. Стройное, мускулистое живое тело, в котором чувствуется мерный ритм пружинящей поступи, прекрасен орлиный профиль. изображении В заключён ЭТОМ художественный настоящий смысл *«распластанности»* египетских фигур. Египетские оценили художники значение плечевого пояса как конструктивной основы туловища. отобрали фасного ИЗ профильного положения самые чёткие, ясно читаемые аспекты, объединив их вместе с замечательной органичностью

и при этом достигнув гармонии с двухмерной плоскостью, на котором помещено изображение. Кроме художественного совершенства указанного изображения историки отмечают, что указанный памятник есть материальное подтверждение того, что древние строители пользовались иррациональными пропорциями.

История сохранила имена древнейших математиков и зодчих — Имхотепа и Хесиры, живших в XXVIII веке до н.э. — строителей первой в истории Древнего Египта пирамиды фараона Джосера в Саккаре. На стенах гробницы Хесира были изображены две палки — два эталона меры. Оказалось после измерения длины этих палок, что их отношение составляет $1/\sqrt{5} = 0,447$. Известно, что в архитектуре начиная с эпохи Возрождения, точной соразмерностью был арифметический модуль, когда принятый размер укладывался целое число раз в любой архитектурной форме. Таким образом, допускались только рациональные пропорции, в то время как античные пропорции основывались на иррациональных отношениях, которых не знал даже сам Пифагор.



Рис. 1.12. Зодчий Имхотеп. Бронза. Первая половина III тыс. до н.э.

Имхотеп жил в Мемфисе (рис. 1.12). Был начальником всех строительных работ и придворным архитектором. Автор проекта ступенчатой пирамиды. Кроме документах отмечен прославленный мудрец, учёный, астроном выдающийся медик. Греки отождествляли его с богом врачевания Асклепием. Являясь зодчим, инженером, писцом и дипломатом он при жизни был причислен к сонму малых божеств, даже после смерти в его честь строили храмы. Место его погребения не установлено до сих пор.

В истории Египта в соответствии с археологическими раскопками наблюдалось несколько периодов развития.

Культура Амра или Первый додинастический период. Люди совмещали земледелие с охотой, строили из папируса лодки, освоили добычу кремня и известняка в каменоломнях. Также они собирали малахит, самородки меди и золота. Из меди холодным способом начали производить мелкие орудия труда.

Культура Эль-Герзе – Второй додинастический период, относится к 3500 году до н.э. Характеризуется поднятой на более высокий уровень экономикой сельского хозяйства и началом социального расслоения населения, так как появились богатые могильники, в которых найдено медное оружие с отделкой из слоновой кости и золота. Кроме того,

появились орудия из литой меди. Считают, что эта культура является началом медного века и образования Египетского государства.

История Древнего Египта имеет следующие периоды:

3200 — 2778 годы до н.э. — эпоха Раннего царства по современным данным объединение египетского государства около 3000 г. до н.э. было делом первого царя — человека Мины;

3200 год до н.э. – объединение Египта фараоном Манесом, основание I династии;

2778 – 2263 годы до н.э. – эпоха Древнего царства;

2278 – 2723 годы до н.э. – время правления III династии;

2723-2563 годы до н.э. — время правления IV династии, по современным данным 2620-2500 годы до н.э.;

2563 – 2423 годы до н.э. – время правления V династии;

2423 – 2263 годы до н.э. – время правления VI династии.

Сильные цари XII династии умело поддерживали свой авторитет, давая часть власти своим приближённым. В это время был сильно развит средний городской класс, об этом свидетельствуют многочисленные гробницы людей без титулов. Они именуют себя простыми гражданами (жителями города). Появилось известное сословное чувство, профессиональная гордость.

Bo времена Среднего царства Египте был достигнут определенный прогресс развитии В литейного производства (рис. 1.13). Ha протяжении нескольких веков египтяне пытались усовершенствовать медь, пытаясь придать более свойства высокие

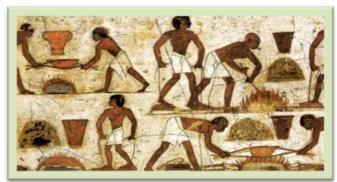


Рис. 1.13. Литейщики

твёрдость, износостойкость и прочность. Для этой цели лучшим вариантом была проковка литой заготовки, эта технология позволяла получать более высокие прочность и твёрдость. В годы правления XII династии были попытки улучшать свойства меди добавлением различных металлов. Однако, только при правлении потомков Аменемхета I, появились сплавы меди с оловом, которые обеспечивали более высокие свойства. Из нового сплава стали производить скребки, свёрла, резцы.

В эпоху Среднего царства инструменты становились более универсальными и разнообразными. Появились съёмно-накладные приставки к основному изделию (рис. 1.14). При смене насадок можно было выполнять различные операции. Улучшилась конструкция инструментов, исследователи указывают на изменение конструкции топора, в котором в нижней части лезвия появился специальный шип. Этот

шип позволял плотнее захватывать топорище и таким образом инструмент стал более надёжным. Кроме того, это позволило сделать более массивным остриё, улучшить рычаг и облегчить условия труда работников. Однако металлические инструменты были дорогими и малодоступными, о чём свидетельствуют находки их кремневых аналогов. Медь на внутреннем рынке некоторое время была эквивалентом торгового обмена, потом постепенно была вытеснена золотом и серебром.



Рис. 1.14. Бронзовый меч с деревянной рукояткой

В ЭТОТ период продолжает совершенствоваться технология литейного производства. Изготовление каменных форм, позволило использовать её несколько раз, повышая производительность труда. Форма состояла из двух скрепляемых между собой центрируемых половинок и набора стержневых вставок, которые значительно приближали отливку к изделию, уменьшая трудозатраты (рис. 1.15).

время Второго Bo переходного две части, периода Египет распался на управлялись XIII XIV которые И Фиванская династиями. династия вела постоянную войну за верхний престол, что привело к ослаблению страны и захвату её гиксосами. Интересно, что гиксосы ввели в колёсный транспорт Египте И колесницы. Египтяне ведут с захватчиками войну за освобождение. Наступает период Нового царства, который продлится Этот течение пятисот лет. период охватывает от XVI - XII вв. в котором правят три династии - XVIII, XIX и XX. Время правления Тутмоса III, Аменхотепа IV (Эхнатона), Хоренхеба, Рамсеса II и Рамсеса III.

В это же время начинается возвышение фиванских царей и Фив. В этот период в производстве стали применять бронзу для орудий труда. Однако историки

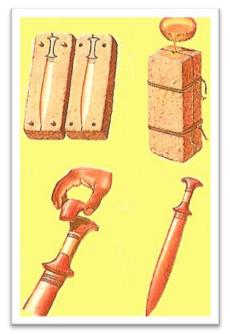


Рис. 1.15.
Последовательность отливки медных и бронзовых изделий в каменных формах

считают, что олово и сама бронза были привозными. Впервые начинает

упоминаться железо. До наших дней из этого периода дошло несколько изделий из железа, но это очень большая редкость. Некоторые железные изделия были оправлены в золото. Несмотря на то, что в своём большинстве население пользовалось каменными орудиями труда, а медь, бронза и железо были дорогими металлами — эпоха Нового царства относится к бронзовому веку.

В период Древнего и Среднего царства медники (*литейщики*) раздували горн, вдувая воздух ртом через трубки, а в Новом царстве в середине XVIII династии (1554-1306 гг. до н.э.) появляются кожаные меха. В это время при помощи окиси железа стали выплавлять золото со светло-алой поверхностью. Цена товаров начинает указываться в серебре и золоте.

Ещё в эпоху Древнего царства были созданы хирургические инструменты, в частности скальпель, который практически не изменился до наших дней. С тех пор существует специализация врачей – глазные, зубные, хирурги и т.д. Был организован *«Дом жизни»* - подобие университета, в котором готовили специалистов по различным отраслям знаний. В Среднем царстве с успехом применяли решение задач с дробями и неизвестными. Было вычислено число π , которое составляло 3,16.

В эпоху Нового царства развивается ювелирное производство. Образцы некоторых художественных произведений приведены на puc. 1.16-1.19. В это время золотые украшения отличаются не только высокой техникой исполнения, но и высокохудожественным решением, тонким рисунком и красотой умело стилизованных форм.

Ювелирное искусство отличается не только декоративностью и освоением новых материалов (сочетания бирюзы, сердолика, лазурита и золота), но также стремлением объединить изящество малой формы и мотивы монументальных сооружений. Так, в нагрудных украшениях – пекторалях, с именем Сенусерта и Аменемхета верхняя часть оформляется карниза. Декоративное решение ювелирных вогнутого произведений продолжает сохранять черты символической знаковости. В этом отношении шедевром ювелирного мастерства эпохи Тутанхамона является парадный трон украшенный золотом и инкрустациями, золотой алтарь (наос), ларцы и изделия, украшающие мумию фараона. Форма трона достаточно проста, ножки выполнены в виде львиных лап, а концы ручек завершаются львиными головами. Подлокотники поддерживают изваяния крылатых кобр, которые охраняют имя фараона от злых сил. Резная деревянная основа трона покрыта листовым **ЗОЛОТОМ** инкрустирована голубым фаянсом и красным стеклом.



Рис. 1.16. Золотой браслет с лазурью Рамсеса II



Рис. 1.17. Коленопреклоненный буйвол. Серебро



Рис. 1.18. Третий саркофаг Тутанхамона. Золото с инкрустацией

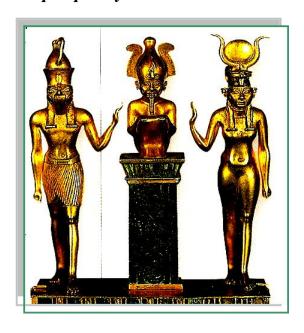


Рис. 1.19. Божественная триада — Осирис, Хор и Исида — в головных уборах фараона. Статуэтка(золото, лазурит, стекло). Египет. 924 — 909 гг. до н.э. Лувр. Париж

| ХУДОЖЕСТВЕННОЕ И ЮВЕЛИРНОЕ ЛИТЬЕ | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| 50 | | | | | | |

ГЛАВА 2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ДЛЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ

В разделе рассмотрены основные физические и технологические характеристики благородных, цветных и черных металлов и сплавов. История развития использования каждого металла и сплава в литейном производстве. Приведены составы наиболее распространенных сплавов для художественного литья, описаны особенности технологии плавки в разных плавильных агрегатах. Формы нахождения металлов в природе, способы их получения из руд. Описание иллюстрировано примерами произведений искусства из сплавов золота, серебра, меди (латуни и бронзы), а также железо-углеродистых сплавов (чугуна, стали).

2.1. Золото и сплавы на его основе

Золото (Au) имеет кубическую гранецентрированную решётку. Плавится при температуре 1063 °C, кипит при 2600 °C, его плотность при комнатной температуре 19,3 г/см³. Наибольшее распространение получили сплавы с серебром и медью. В жидком состоянии золото не реагирует с печными газами и огнеупорами, растворимость водорода в золоте при температуре 1000 °C составляет лишь 0,0007 %. Медь, которая входит в составы золотых сплавов значительно повышает растворимость кислорода, водорода и серы. При нагреве до высоких температур золото заметно испаряется. Примеси (мышьяк, сурьма, висмут, свинец, медь) увеличивают потери на испарение. Угар золота при выдержке расплава в течении 45 минут в индукционной печи при 1200 °C составляет 0,01 – 0,02 %. На рис. 2.1, 2.2, 2.3 показаны сросток кристаллов золота, кристаллическое и проволочное золото соответственно.

Чистое золото плавят в индукционных печах в графито-шамотных тиглях, без защитного покрова. Во избежание потерь от испарения плавку ведут быстро, загружают подогретую шихту в разогретый тигель, не

перегревают металл в печи — температура нагрева составляет 1200 — 1250 °C. Шихту в печь загружают в один приём, мелкую составляющую предварительно брикетируют и загружают в уже жидкий металл.



Рис. 2.1. Сросток кристаллов золота. Высота 3,8 см. Рорайма Шилд. Венесуэла. Коллекция «Рэритис»



Рис. 2.2. Кристаллическое золото. Размер 9,5 х 3 см. Шахта «Балларат», Виктория, Австралия. Частная коллекция

Сплавы на основе золота плавят в тех же печах, что и чистый металл. Сплав с медью получают под слоем защитного флюса, которым могут быть древесный уголь или бура. Флюс загружают одновременно с шихтой. Толщина слоя угольного флюса над зеркалом металла должна быть не менее 30 – 50 мм. При этом уголь добавляют в печь по мере его выгорания. Буру вводят на поверхность шихты в количестве 0,5 - 1,0 % от массы шихты, что обеспечивает на зеркале металла покров толщиной 10 – 15 мм. При использовании комбинированного флюса из угля и буры, их обычно приёма. Готовый металл перед разливкой хорошо вводят в два графитовой мешалкой одновременно перемешивают И раскисляют Потом производят окончательное раскисление металла углеродом. фосфором в количестве 0,01 - 0,025 % в зависимости от окисленности сплава. Также фосфором раскисляют сплавы системы Au – Cu и сплавы, содержащие кроме меди, легирующие компоненты: серебро, никель, олово, кадмий, т. е. элементы с меньшим сродством к кислороду, чем фосфор. Фосфористую медь вводят в предварительно подогретый до 500 – 600 °C расплав под графитовым колокольчиком. Жидкий металл перемешивают и выдерживают 2 – 5 минут для всплывания на поверхность продуктов раскисления.

При подготовке шихты благородных металлов их взвешивают с точностью до 0,1 г. Очерёдность загрузки шихты в печь зависит от её состава, вида и размеров.



Рис. 2.3. Проволочное золото — нитевидные агрегаты. Ширина образца 7 см. Шахта «Уайн Пэтч», Брокенридж, США. Коллекция Д. Банка

Так, ювелирный сплав ЗаМ 583 (583 проба) плавят следующим образом: золотые слитки и медь загружают в тигель одновременно. Если в шихте имеются возвраты готового сплава, то вначале плавят их и слитки золота, а затем по расплавления добавляют расчётное мере количество меди. Мелкую рекомендуется вводить в расплав. Когда в состав шихты входит серебро, его вводят в жидкий металл В конце плавки. очерёдность время загрузки уменьшает взаимодействия расплава c кислородом воздуха, так как медь и серебро способствуют растворению кислорода в золоте.

В процессе плавки не рекомендуется излишний перегрев – обычно не более 140 – пробы 300 °C. Так, 583 золото при (~ 980 $^{\circ}C$ температуре ликвидуса перегревают до 1150 – 1250 °C (более высокая температура перегрева необходима npu литье в водоохлаждаемые кристалл-

лизаторы). Если в состав сплава входят цинк, кадмий, олово, то их вводят в последнюю очередь, под колокольчиком для уменьшения угара и лучшего усвоения. Перед введением легкоплавких компонентов расплав раскисляют фосфором во избежание образования твёрдых оксидов. Для сплавов золота содержащих цинк, в качестве флюсов используют борную кислоту.

При сплавлении золота с тугоплавкими металлами — платиной, палладием, никелем, марганцем, указанные компоненты вводят в расплав и увеличивают температуру нагрева металла. Легкоокисляющийся марганец вводят в последнюю очередь, непосредственно перед заливкой. Например, при выплавке сплава ЗлПаПл-30-10 в печь загружают и расплавляют вначале золото, которое перегревают до 1250 — 1280 °C, затем небольшими частями вводят платину с одновременным повышением температуры. При перегреве до 1600 °C и более в несколько приёмов вводят палладий. Расплав выдерживают до 1620 — 1680 °C и разливают.

При подготовке шихтовых материалов для получения сплавов золота особое внимание уделяют чистоте материалов по вредным примесям. Наиболее вредной примесью является свинец, так как он снижает пластичность золота и его содержание не должно превышать 0,005%. Присутствие свинца в количестве 0,06% в Au делает его хрупким. Аналогичное влияние оказывает свинец на сплавы золота с медью и серебром. Также к нежелательным примесям относятся теллур и висмут,

содержание которых не должно превышать 0,01 %. Эти примеси образуют с золотом химические соединения, которые при затвердевании выделяются по границам зёрен и придают металлу повышенную хрупкость.

Металлическое золото взаимодействует с фтором, хлором и иодами при нагревании с образованием соответствующих галогенидов. Au при обычной температуре легко растворяется в жидком броме, в бромной воде или эфирных растворах брома с образованием трибромида золота.

При концентрировании раствора золота в *«царской водке»* при избытке HCl выпадает золотохлористоводородная кислота:

$$3Au + 12HCl + 3HNO_3 = 3H [AuCl_4] + 3NO + 6H_2O.$$

Галогеноводороды взаимодействуют с золотом в присутствии окислителей (нитраты, гипохлориты, хлораты, перманганаты). Кислород, сера, азот и бор непосредственно не взаимодействуют с золотом. При воздействии кислорода и озона на металлическое золото образуется его оксид Au_2O_3 .

При нагревании золото вступает в реакцию с теллуром, фосфором, мышьяком и сурьмой. В присутствии окислителей Аи подвергается воздействию концентрированной серной кислоты при температуре выше 300 °C или ортофосфорной кислоты при температуре выше 250 °C.

Золото растворяется: в смеси концентрированной H_2SO_4 с гидросульфатами или сульфатами щелочных металлов; в 98 %-ном растворе H_2SeO_4 при температуре выше 130 °C; в очень чистой кипящей концентрированной HNO_3 ; в расплавах из гидроксилов и нитратов щелочных металлов; в пероксиде натрия Na_2O_2 или бария при нагреве; в растворах цианидов щелочных металлов в присутствии кислорода или других окислителей:

$$Au + 4HNO_3 = Au(NO_3)_3 + NO + 2H_2O,$$

$$2Au + 2NaOH + 3NaNO_2 = 2Na [AuO_2] + 3NaNO_2 + H_2O,$$

$$4Au + 8KCN + O_2 + 2H_2O = 4K[Au(CN)_2] + 4KOH.$$

Золото является главным валютным металлом большинства стран. Металлическое золото и его сплавы применяют для изготовления лабораторных приборов, деталей, аппаратов, а также для покрытия различных предметов из стекла, фарфора, металлов. В ювелирной промышленности применяют как сплавы золота, так и его интерметаллические соединения $AuCl_2$, $AuZn_2$, Au_2Na , Au_4K_4 . Сплавы золота служат для изготовления электрических контактов, используются в стоматологии. Золото применяется как катализатор для синтеза воды,

окисления оксида углерода (II), разложения пероксида водорода и закиси азота, термического разложения металлоорганических соединений, гидрирования ацетилена и нитробензола и др.

Золото образует многочисленные соединения, в которых оно одно- и трёхвалентное и ограниченное число соединений в двухвалентном состоянии. Последние обладают малой устойчивостью. Одно- и трёхвалентное золото склонно к образованию устойчивых координационных соединений.

Растворы солей Au устойчивы только в отсутствии восстановителей, поскольку в их присутствии легко выделяется металлическое золото. Многие соединения золота неустойчивы и разлагаются при низких температурах. Простые соединения одновалентного Au, как правило, трудно получить в чистом состоянии, поскольку они образуются в смеси с соединениями золота (III) или с металлическим Au, мало устойчивы и быстро разлагаются даже водой:

$$3Au^+ \leftrightarrow Au^{3+} + 2Au^0$$
.

Координационные соединения золота (I), например, Me^{I} [Au(CN)₂] устойчивы в водных растворах.

Трёхвалентные соединения золота образуются достаточно легко и существуют в водных растворах в виде четырёх координационных комплексных ионов. Склонность гидролиза солей золота (*III*) в водных растворах часто приводит к осаждению AuOOH.

Окись золота (Au_2O_3) получают нагреванием $(140 - 150 \, ^{\circ}C)$ AuOOH в вакууме или действием смеси кислорода с озоном на катодно — диспергированное золото.

Гидроксид золота (AuOOH) получают обработкой растворов его солей щёлочью, действием азотной кислоты на аурат магния Mg[AuO₂]₂, гидролизом некоторых соединений золота (III). Гидроксид золота обладает слабо амфотерными свойствами (nposensem слабо кислотный характер $HAuO_2$), растворяется в кислотах и щелочах, плохо растворим в воде.

Димер хлорида золота (Au_2Cl_6) получают обработкой металлического порошкообразного Аu газообразным хлоридом при 245 - 260 °C, хлорной водой или царской водкой. Он представляет собой двулучепреломляющие блестящие кристаллы, которые растворяются в воде, спирте и эфире. При восстановлении Au_2Cl_6 или других соединений трёхвалентного золота хлоридом олова (II) в концентрированных сильно кислых растворах образуется коричнево-чёрный осадок тонкодисперсного золота, а в слабокислых разбавленных растворах - пурпурно-розовый осадок коллоидного золота. Димер хлорида золота служит для получения многих его соединений, гидрозолей и пурпура.

В ювелирном деле золото применяется редко, в основном для золочения, как сусальное. Используются сплавы золота с медью, серебром, платиной, палладием и прочие, это обусловлено тем, что чистое Au слишком мягкое, малопрочное, имеет не слишком привлекательный красный цвет.

В ювелирной промышленности из двухкомпонентных сплавов золота иногда используются сплавы Au - Cu и Au - Ag. Золото и медь обладают неограниченной растворимостью в жидком, а при высоких температурах и в твёрдом состоянии (образуют непрерывный ряд твёрдых растворов). Изза небогатой цветовой гаммы и малой стойкости к истиранию сплавы этой системы не находят применения в ювелирном деле, а используются для изготовления контактов, проводников и др. деталей в электротехнике. Поэтому для изготовления золотых изделий в большинстве случаев используют сплавы системы золото — серебро — медь, которые могут содержать добавки других металлов: никеля, палладия, цинка, платины.

История развития использования золота и его сплавов в литейном производстве

Золото «медного века» было целиком египетским. По оценке Г. Квиринга около 700 т Au было добыто за это время. В других районах мира, только к концу этого периода начались разработки золота. Было добыто: в Нубии и Аравии по 20 т золота, на Кипре и в Малой Азии – по 10 т, во всей Индии – около 70 т, в Бактрии – 30 т. В этот период металлы – золото, медь, серебро и железо ещё не стали орудиями труда, золото и серебро ещё не стали монетой, поэтому они были дорогими и использовались лишь для украшений. Медный век был в основном веком камня и золота. При этом золото ещё не было отделено от примесей серебра.

В архаическое время три фактора привели к началу разработки золотоносных россыпей:

- начало металлургии изобретение паяльной трубки, которая позволила сплавлять золотой песок и выплавка первой меди из малахита;
- находка россыпей, освоение способов промывки золота, понимание того, что это и есть одна из форм золота в природе;
- возникновение избытка рабочей силы при производстве продовольствия, направление части людей на общественные работы, развитие материальной и духовной культуры, что и сделало возможным освоение золота Восточной пустыни.

В эпоху Раннего царства было открыто рудное золото. Оно принадлежало формации древних золотокварцевых жил. Тогда же стали различать как минеральные виды золото и электрум. Интересно, что своё

название золото берёт от Замбези, *«река золота»* - *«зам»*; слово *«зам»* стало обозначать золото в большинстве стран Африки к югу от Египта.

При установлении государственности, при первом же фараоне Менесе I, появились взвешенные слитки золота ($no\ 14\ z$) с именем фараона на них в качестве меры ценности.

Специалисты считают, что мировую славу Египту принесли пирамиды, придуманные Имхотепом при правлении Джосера I, воздвигнутые в XXVIII — XXVI веках до н.э. возле Мемфиса. Вторым открытием были многочисленные и богатейшие россыпи золота в Верхнем Египте, к востоку от Фив, которые создали славу Египту как страны золота на три тысячи лет.

К концу Древнего царства россыпи Верхне-египетского золотоносного района стали истощаться, что заставило перейти на разработку коренных руд и стимулировало военные походы в Нубию, где уже были найдены богатые золотоносные россыпи. Распад Древнего царства ($2270-2100\ гг.\ дo\ h.э.$) вызвал упадок в добыче золота.

Второе тысячелетие до нашей эры было расцветом Аравийско-Нубийской золотоносной провинции. Это время бронзового века и начало железного, когда после трёхсотлетнего Среднего царства и двухсотлетнего господства гиксосов наступил величайший расцвет полутысячелетнего Нового царства (1580-1090 гг. до н.э.). За 900 лет бронзового века в Аравийско-Нубийской провинции было добыто более 1600 т золота. На первое место выдвинулся Нижне-нубийский район (1000 m), но продолжала развиваться добыча и в Верхнем Египте (570 m). Тогда же было получено первое золото в Эфиопии и Южной Африке (no 50 m).

Знаменательным событием в XXI веке до н.э. во времена XI династии было открытие способа отделения золота от серебра. Было получено чистое золото, и как сказал Дж. Бернал был сделан решающий шаг в развитии химии. Выделение серебра из сплава с золотом, получение бронзы, сплавлением меди и олова, стало началом металлургии сплавов, началом бронзового века.

Интересно, что каждое царство Древнего Египта начиналось с завоевания Нубии, а заканчивалось её утратой. Новое царство (1580 – 1090 гг. до н.э.) было длительной эпохой максимального расцвета государства и культуры золота. В это время поиски золота двигались за военным продвижением в глубь Африки. В 1530 г до н.э. была вновь завоёвана Нубия, в 1440 г. до н.э. – южные страны до шестого порога Нила, включающие богатейшие россыпи Атбары. К 1282 г. до н.э. относится продвижение в глубь Нубийской пустыни по Вади-Аллаки, т.е в страну золота Акиту, где стали интенсивно разрабатываться россыпи и коренные руды золота. Это время описывается как «открытие страны золота в Нубийской пустыне Рамзесом II Великим».

В период Нового царства Египет средоточием стал всего африканского золота. Тогда же появилась карта золоторудного месторождения на раскрашенном коричневом папирусе с легендой, написанной иероглифами. На ней изображено положение «Горы золота» в Вади-Хаммамат или Вади-Аллаки. Этот знаменитый Туринский папирус относится ко времени Сетоса I (1313 – 1292 гг. до н.э.) или Рамзеса II (1317 *− 1251 гг. до н.э.*).

Считают, что имя первого в истории рудного дела проспектора, предшественника геологов, который открывал фараонам страны золота, известно со времён Тутанхамона (1357-1351 гг. до н.э.); в надписи на камне возле золотого рудника Дагбаг говорится о Ренни, открывшем это месторождение.

Железный век последняя глава эпопеи великого золота Египта. Период подъёма культуры и государственности Нового царства, сменился спадом во время ливийских и эфиопских династий, а также под владением Ассирии и сатрапии Персии. Установление в Египте эллинистической династии Птолемеев, сопровождалось не долгим расцветом *«страны золота»* - Аравийско-Нубийской провинции. После гибели последней царицы династии Птолемеев Клеопатры Египет стал провинцией Римской империи, затем Византии и после частью Арабского халифата.

С конца Нового царства до конца правления Птолемеев в Верхнеегипетском районе было добыто около 400 т золота, в Нубийском – 500 т, в Эфиопии – 50 т. Путешествия в Пунт, торговля со странами Южной Африки дали ещё около 340 т золота. Но в это время было ощутимое превосходство других районов мира: Иберии (600 т за это же время), Галии (500 т), Балкан (500 т), Индии, Бактрии и Согдианы (более 400 т). Впоследствии за всё время Римской империи (с 30 г. до н.э. до 500 г. н.э.) в Египте было добыто всего 30 т золото, в Нубии – 50 т, в Эфиопии – 110 т. Таким образом, были истощены золотые запасы не только Аравийско-Нубийской провинции, но и всё золото фараонов, накопленное за тысячелетия, всё золото Африки до нашей эры ушло, распространилось по древнему миру после захвата его царями Ассирии и Персии.

Кроме пирамид, храмов, обелисков, сфинксов, золото Восточной виде произведений искусства явилось пустыни вещественным выражением воли и величия фараонов, символом вечности перед лицом времени, которому недоступны только пирамиды и золото. Но тогда золото ещё оставалось металлом царей и храмов, ещё не было всеобщей погони за ним. Тогда фетишизация золота была ещё связана с магическим и символическим представлениями о природе, а не меры ценности. Оно отождествлялось с «плотью богов», происшедших от Pa «бога солнца», с богиней Хатор, «глазом солнца», «золотом воплощённым», «сверкающей золотым пламенем». Только много лет позднее из золота стали чеканить монеты.

В *«образ золота»* Египет внёс величие фараона и тяжкий труд раба, мрак и великолепие гробниц и раскалённое солнце пустыни, особую фетишизацию его как части культа минеральной и живой природы и достигшее одной из недосягаемых вершин ювелирного искусства. Также следует сказать, что в искусстве Египта камни стали неотделимы от шедевров декоративного искусства: лазуритовая корона Нефертити, тальковые жуки-скарабеи, броши и пекторали из сердолика, лазурита, бирюзы и золота, бог Гор из золота, лазурита и меди. Цветовые сочетания в бусах — сердолика, бирюзы, агата, аметиста, хризопраза, золота с архаичных времён достигло высочайшего мастерства по сравнению с другими народами. Египетские и месопотамские ювелиры открыли красоту гематита в цилиндрических печатях.

Ювелиры Египта ещё не знали главных драгоценностей — алмазов, рубинов, сапфиров, а изумруд благодаря твёрдости использовался редко в природных необработанных кристаллах, и только в эллинистическое время изумруды Египта стали источником вдохновения для всего древнего мира.

Как считают специалисты основная часть добытого золота, существовала не в слитках и деньгах, а в необычайном богатстве произведений ювелирного искусства. Это можно понять по немногим сохранившимся образцам. Известно, что ещё задолго до грека Теофраста, ученика Аристотеля, создавшего трактат о камнях, эта наука была создана в архаические времена Египта. В древнеегипетской культуре широко использовались следующие камни и руды: малахит, бирюза, самородное золото, медь, серебро, метеоритное железо, лазурит, кварц, изумруд, хризолит, аурипигмент, галенит и многие другие. Названия многих минералов придумали именно египтяне.

На Древнем Востоке цивилизации, возникшие в долине Тигра и Евфрата, не выходили за свои пределы и располагались в контурах нефтеносных известняков (это стало известно позднее).

Не было золота на земле Шумера, первого государства в котором высочайших вершин достигло ювелирное искусство. Золото царских гробниц Ура (2600 г. до н.э.) было привозным из Аравийской пустыни или Иранского нагорья. Золотой шлем царя Мескаламдуга представлял в Шумере не только богатство, но и редкость, какой в Египте был стальной шлем Рамзеса Великого в эпоху до железного века.

Не было золота и в Аккаде, и Саргон I Аккадский, один из первых *«великих завоевателей»*, покоривший Шумер и Элам, в погоне за золотом, серебром и оловом проник до Иберии и Аравии, но вызвал лишь упадок добычи и культуры металла. Властители Ассирии и Вавилонии ещё в XV – XIV в. до н.э. вели переписку с фараонами о закупках золота. Считают, что из этого золота царь Навуходоносор (1146 – 1123 гг. до н.э.) «сделал золотой истукан вышиной в шестьдесят локтей, шириной в шесть локтей, поставил его на поле Депре, в области Вавилонской... падите и

поклонитесь золотому истукану. А кто не падёт и не поклонится, тотчас брошен будет в печь, раскалённую огнём», - говорится в Книге Пророка Даниила. Под воздействием прорицателей, сопоставлявших золото с солнцем, а серебро с луной, было определено отношение стоимости золота к серебру — 13,5 раза, что совпадает с отношением солнечного года к лунному месяцу.

Золота также не было на территории Финикии, Трои, Иудеи и многих других исчезнувших государств. Генрих Шлиман нашёл золото *«сокровища Приама»*, однако оно было древним золотом догомеровской эпохи (*около 2100 г. до н.*э.).

Только в Лидии и Фригии (Малая Азия) в конце второго тысячелетия до н.э. были найдены золотые россыпи, которые через десять веков были исчерпаны. Однако, именно в Лидии в VII в. до н.э. произошла монитарная революция, появились золотые монеты. Золото окончательно стало деньгами. Здесь же появились легенды и мифы о золоте и царях Лидии Гигесе и Крезе и миф о царе Фригии Мидасе. Гигес – пастух, захвативший «магическому золотому благодаря кольиу. делавшему невидимым». Это он велел отчеканить в 670 г. до н.э. первую монету овальную из электрума (с 27 % серебра), весом 14,5 г, с изображением лисицы, священного животного Лидии. Первая монета из чистого золота была выпущена в 550 г. до н.э. другим царём Лидии – Крезом, ставшим легендарным благодаря своему богатству. Монета – крезеид или статер (от греческого «стато» - фиксированный, постоянный), весила около 11 г; на ней была изображена царская эмблема – голова льва против головы быка. Царь персов Кир захватил трон и царство Креза (в 546 г. до н.э.), а Дарий продолжил чеканку золотых монет – дариков (8,4 ε золота), в то время когда Греция довольствовалась серебряными драхмами в Афинах и железными монетами в Спарте.

В связи с тем, что золота в Передней Азии не было, оно поступало из далёких стран: Согдианы и Бактрии, Тарима и Индии, Армении, Колхиды и Аравии. По левобережью Оксоса и его притоков Вахша и Пянджа, на территории современного Афганистана и Таджикистана, располагалась Бактрия. В восточной части — Бадахшане, находилась знаменитая в древности страна лазурита и золота. За ней была Согдиана, где в конце 1950-х годов было найдено золоторудное месторождение. Также россыпное золото добывали в бассейне реки Тарим (*Центральная Азия*), Кашгарской равнине и пустыне Такла-Макан.

В бронзовом веке Согдиана и Бактрия вместе с Индией давали наибольшую добычу золота в Азии — $250\,\mathrm{T}$, и особенно в железном веке — $400\,\mathrm{T}$.

В древности мировое значение имело золото Аравии, главные ресурсы которой приходились на земли Египта и Нубии.

Колхида была известна мифом об аргонавтах. Здесь добывали золото, погружая овечьи шкуры — золотое руно — в воды золотоносных рек: Риони, Ингури и Цхенис-Цхали.

Самыми вечными легендами о золотых странах были легенды о библейской стране Офир, где находились копи царя Соломона и легенда об Эльдорадо.

О царе Соломоне (974 – 934 гг. до н.э.) рассказывается в Третьей Книге Царств – «У него было тысяча четыреста колеснии и двенадиать тысяч всадников...». Но главное его богатство было в золоте. Построил он храм и обложил его «внутри чистым золотом... и пол в храме обложил золотом во внутренней и передней части... покрыл золотом херувимов и пальмы». «И сделал царь Соломон двести больших щитов из кованого золота... и триста меньших щитов из кованого золота». «И все сосуды в доме из Ливанского дерева были из чистого золота». Но в его земле не было золота. Поэтому послал Хирам (969 – 936 гг. до н.э.), правитель Тира (Финикии), царю Соломону 120 талантов золота в залог за двадцать городов в земле Галилейской, подарила царица Савская Соломону ещё «120 талантов золота и великое множество благовоний и драгоценные камни». Кроме того, «в золоте, которое приходило Соломону каждый год, весу было 666 талантов». Кроме того, слуги царя Соломона отправились в страну Офир, и взяли оттуда золота 420 талантов. Страна Офир сказочно богатая золотом до сих пор не найдена.

В Библии золото упоминается 415 раз, она просто проникнута этим металлом. Из книги Исхода: «И весь народ вынул золотые серьги из ушей своих, и принесли к Аарону. Он взял их из рук их, и сделал из них литого тельца, и обделал его резцом. И сказали они: вот бог твой, Израиль». Когда Моисей «приблизился к стану и увидел тельца и пляски... взял тельца, которого они сделали, и сжёг его в огне, и стёр в прах, и рассыпал по воде, и дал её пить сынам израилевым».

Как утверждают специалисты, в Библии появилось новое духовное содержание в отношении к золоту по сравнению с Древним Египтом. Это уже не плоть бога, а его одежда, и пляска вокруг золотого тельца уже не поклонение идолу, а поклонение самому золоту. Израильтяне вынесли из Египта не только золото, но и преклонение перед ним, кроме того, оно было оценено само по себе.

В Библии впервые зазвучали предостережения пророков об отношении к золоту. В последние судные дни (предостерегает Исайя) «человек бросит кротам и летучим мышам серебряных своих идолов и золотых своих идолов». Самое поэтическое место о золоте в Библии (Книга Иова, Гл. 28.1 – 19): «... у серебра есть источная жила, и у золота место, где его плавят. Железо получается из земли; из камня выплавляется медь. Человек полагает предел тьме, и тщательно разыскивает камень во мраке и тени смертной. Вырывают рудокопный колодезь в местах,

забытых ногою, спускаются вглубь, висят и зыблются вдали от людей. Земля, на которой вырастает хлеб, внутри изрыта как бы огнём. Камни её — место сапфира, и в ней песчинки золота. Стези туда не знает хищная птица, и не видал её глаз коршуна. Не попирали её скимны, и не ходил по ней шакал. На гранит налагает он руку свою, с корнем опрокидывает горы. В скалах просекает каналы, и всё драгоценное видит глаз его. Останавливает течение потоков, и сокровенное выносит на свет. Но где премудрость обретается? и где место разума? Не знает человек цены её, и она не обретается на земле живых. Бездна говорит: «не во мне она»; и море говорит: «не у меня». Не даётся она за золото, и не приобретается она за вес серебра. Не оценивается золотом Офирским, ни драгоценным ониксом, ни сапфиром. Не равняется с нею золото и кристалл, и не выменяешь её на сосуды из чистого золота. А о кораллах и жемчуге и упоминать нечего, и приобретение премудрости выше рубинов. Не равняется с нею топаз Ефиопский; чистым золотом не оценивается она».

Интересно, что золото благодаря своей ценности переходит из рук в руки, лежит в хранилищах, переходит из одного в другое государство. Миграция накопленного золота возникла в середине первого тысячелетия до нашей эры в процессе образования крупных империй древнего мира. Главный удар по накопленному золоту был нанесен в 671 г. до н.э. Ассархадоном Ассирийским, завоевавшим и опустошившим богатейшую страну золота — Египет. При этом были вывезены даже позолоченные двери храмов. Но в Ассирии это золото было недолго. В 622 г. до н.э., Ашшур и Ниневия были разрушены, и золото переместилось в Вавилон. Туда же ушли богатства Иерусалима и Финикии, вывозившей золото из Иберии.

В 538 г. до н.э. Вавилон был разрушен царём персов Киром II Великим. Первая всемирная империя персов Ахеменидов образовалось в 512 г. до н.э., в ней сконцентрировалось золото Египта, затем Ассирии и Вавилона, золото Пунта и Офира, Иберии, ввозившееся Финикией, Лидии и Фригии, Согдианы и Бактрии, Кавказа и Тарима. Здесь впервые появились в обращении золотые монеты.

В 330 г. до н.э. Александр Македонский уничтожил двухсотлетнюю всемирную персидскую империю, пытаясь стать *«царём всей земли»*. Следствием этих походов было смешение западной и восточной культур, в частности обмен знаний о камнях. Только в сожжённом Персеполисе в сокровищнице дворца за тронным залом с крылатыми львами и быками с человеческими лицами было взято 120000 талантов золота и серебра. По свидетельствам Страбона, Квинта-Курция и Плутарха, в Экбатане добыча была ещё большей — 180000 талантов, в Сусе — 40000 талантов. Считая талант по 26 кг, всего получается 8840 т золота и серебра (*иногда говорят о 340000 талантах только золота*, но это не возможно, так как превышает в 2 — 3 раза накопленную к тому времени добычу золота).

После смерти Александра Македонского в 323 г. до н.э. золото разошлось по древнему миру, вызвав первую инфляцию, охватившую страны Средиземноморья.

В VII — II вв. до н.э. в евразийских степях от Северного Причерноморья до Южной Сибири в ювелирном искусстве появились золотые шедевры скифско-сибирского *«звериного стиля»*. В этом искусстве нашли своё самовыражение кочевые народы — скифы, сарматы, массагеты, саки. Здесь золото выражает не роскошь царей, не одежду богов, не утончённость и великолепие украшений, в нём отлита и отчеканена поступь зверя, прыжок волка, оленя, полёт птицы, и место ему в упряжи коня и колчане воина.

В Европе главной золотой провинцией древности была Иберия, которая затем стала называться карфагено-финикийским словом «Испания». «Нельзя не удивляться замечательному обилию металлов в Испании. Ими изобилует вся земля иберов... Нигде на земле нет ни золота, ни серебра, ни меди, ни железа в таком большом количестве и такого достоинства, как здесь», - писал Страбон в первом веке до нашей эры.

Примеры произведений искусства из золота и его сплавов показаны на рис. 2.4...2.9.



Рис. 2.4. Пектораль фараона Тутанхамона. Фрагмент. Египетский национальный музей, Каир.

В египетской мифологии покровительницей царской власти считалась богиня Нехбет, священным животным которой был гриф



Рис. 2.5. Золотая фигурка орла на змее. Вставка из цветных смальт.

V – IV вв. до н.э. Эрмитаж, Россия.



Рис. 2.6. Чарка царицы Анастасии Романовны, супруги Ивана IV Грозного. Середина XVI в. ГИМ



Рис. 2.7. Золотая подвеска, изображающая вождя. Народ муиска

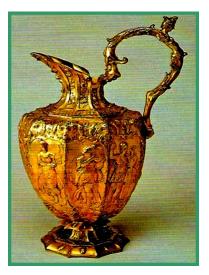


Рис. 2.8. Рукомойный кувшин. Париж. Первая половина XVII в. Музей Московского Кремля



Рис. 2.9. Изображение сражающихся скифов. Фрагмент золотого гребня из кургана Солоха

2.2. Серебро и его сплавы

Название серебра *«argentum»* происходит от греческого *«аргос»* – *«белый, блестящий»*. Однако, историки считают, что первоначально слово *«серебро»* произошло от древнесирийского названия серпа – *«сарпу»*. Античные астрологи считали его *«металлом Луны»*, так как блеск серебра напоминал лунное сияние. В эпоху Средневековья, алхимики обозначали серебро лунным серпом или изображали его в виде женщины Луны.



Рис. 2.10. Аргентит. Друза кристаллов. Химмельфюрст. Германия. Музей Фрайбергской горной академии

Серебро 47 элемент периодической системы элементов Д.И.Менделеева с атомным весом 107,87. Блестящее белое или светлосерое серебро входит группу благородных металлов, имеет плотность 10.5 г/см^3 , твёрдость 2.5 -3,0, температуру плавления (чистого 961.9 серебра) °C. Ковкое. пластичное серебро можно вытянуть в тонкую проволоку, оно хорошо полируется. С металлами серебро образует многочисленные сплавы. Лёгкость образования сплавов золота И серебра любых соотношениях объясняется тем, что

В природе известно около 60 минералов серебра (рис. 2.10...2.16): самородное серебро Ад, аргентит (серебряный блеск) – Ag_2S и его модификация акантит – Ag₂S, а также пираргирит Ag₃SbS₃, прустит Ag_3AsS_3 , стефанит – Ag_5SbS_4 , полибазит – $(AgCu)_{16}Sb_2S_{11}$ и др. Самородное серебро, содержащее примеси других металлов, например золота, меди, ртути, сурьмы, железа, имеет важнейшее промышленное значение. В природе серебро не так устойчиво к внешним воздействиям, как золото, и поэтому его редко находят в россыпях.



Рис. 2.11 Серебро самородное. Химмельсфельд, Германия. Музей Фрайбергской горной академии

атомные радиусы обоих металлов практически совпадают. Известно два стабильных изотопа серебра $^{107}{\rm Ag}$ и $^{109}{\rm Ag}$. Кларк серебра ($cpe\partial няя$

концентрация в земной коре) составляет в среднем $5 \cdot 10^{-6}$ %. Серебро является хорошим проводником тепла и электричества.

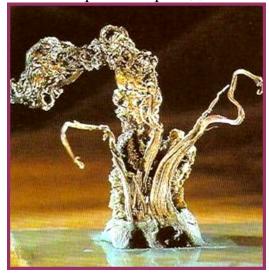


Рис. 2.12. Серебро самородное. Германия. Коллекция Дрезденского технологического института

Серебро образует сплавы типа твёрдых растворов с золотом и интерметаллические палладием соединения с Li, Be, Mg, Ca, Cr, Ba, Zn, Cd, Hg, Al, Ga, In, Ti, Pr, Sn, Zr, Th, P, As, S, Se, а также сплавы типа эвтектик с элементами Bi, Cu, Ge, Ni, Na, Si, Ti. В серебре растворяются водород, кислород, оксид и двуоксид углерода. При поглощении кислорода или водорода серебро хрупким. Следует становится избегать серебра, охлаждения кислородом, насыщенного поскольку выделение газа ИЗ охлаждённого серебра может сопровождаться взрывом.

С химической точки зрения серебро достаточно инертно, оно не проявляет способности к ионизации и легко вытесняется из соединений более активными металлами или водородом.

Кислород взаимодействует с нагретым до 168 °C металлическим серебром с образованием Ад2О. Сера, реагируя с нагретым до 179 серебром образует чёрный Металлическое сульфид Ag_2S . серебро растворяется концентрированной серной кислоте при нагревании, разбавленной азотной кислоте на холоде растворах цианидов металлов в присутствии кислорода или другого окислителя.



Рис. 2.13. Самородное серебро на кварце. Консберг, Норвегия. Коллекция Б.Ларсона

Органические кислоты и расплавленные щёлочи или соли щелочных металлов не реагируют с металлическим Ag. Большинство соединений серебра плохо растворяются в воде. У его солей наблюдается мало выраженная склонность к гидролизу.



Рис. 2.14. Серебро самородное. Перу. Коллекция Б.Ларсена

Оксид серебра представляет кристаллический собой порошок коричнево-чёрного цвета, который медленно чернеет на свету, высвобождая Он кислород. разлагается элементы при на 200 °С. Хлорид нагревании ДО серебра встречается в природе в виде минерала кераргита и может быть получен различными способами.

Существует несколько основных типов месторождений серебра, составом отличающихся руд, возрастом И геологическим положением. В собственно серебряных месторождениях серебро

является главным, и зачастую единственным извлекаемым элементом, а в комплексных его добывают попутно, с другими элементами.

В Норвегии расположено знаменитое Консбергское месторождение классического самородного серебра. Его открыли ещё в Средние века, и оно произвело на свет тысячи тонн рудного серебра и сотни тонн самородного удивительного серебра неповторимых красоте сростков ПО кристаллов, дендритов и «кустов». В этом месторождении серебро встречается тонких жилах толщиной ДΟ 20 CM. Концентрация серебра очень большая и составляет – 300 и более граммов на тонну.

В 1904 г. в Канаде было открыто серебряное месторождение «Кобальт», где было добыто 12 тыс. тонн серебра. Запасы серебра в нём огромны, а в его рудном поле



Рис. 2.15. Самородное серебро (псевдоморфоза по акантиту). Перу. Коллекция К.Грайбера

помимо его содержатся руды других ценных металлов – кобальта, висмута, урана и никеля.

Самое большое количество серебра в настоящее время добывают из свинцово-цинковых и колчедано-полиметаллических руд месторождений Тихоокеанского «Огненного» кольца (Мексика, Перу, Боливия, Япония, Филиппины, Индонезия, Охото-Чукотский и Сихоте-Алинский районы России), рудных районов Средиземноморского складчатого пояса (Югославия, Испания, Греция, Германия, Турция, Алжир) и древних складчатых систем Австралии.



Рис. 2.16. Серебро с кальцитом на сидерите (слева) и прустит (справа). Германия. Музей Фрайбергской горной академии

Среди известных мировых месторождений особое серебра место занимают золото-серебряные. месторождения известны древних времён, в них, как правило, находили серебро В самородках, либо в виде электрума – природного сплава серебра золотом. c серебра Содержание В ЭТИХ месторождениях выше, чем золота, поэтому золото извлекается попутно. К таким месторождениям относится Пачука в Мексике. Кроме того, добычи источником серебра медно-порфировые являются месторождения, в которых добывают Как правило, содержание медь.

серебра в них небольшое, однако с учётом мощности рудных тел, получается, что серебра в них – десятки тысяч тонн.

В водах океанов во второй половине XX века обнаружены неизвестные рудные образования: пирамидальные, похожие на вулканы тела, состоящие из сульфидов железа, меди, свинца, цинка. Подобные рудные залежи, нередко достигающие в поперечнике $15-20\,\mathrm{km}$ и высотой конуса $1,5\,\mathrm{km}$ содержат такое количество серебра, что их относят к разряду сверхкрупных, уникальных месторождений.

За всю историю человечества из недр Земли было извлечено около 500 тыс. тонн серебра, причём 150 тыс. тонн в XX столетии. Наиболее известным золото-серебряным месторождением в пределах Тихоокеанского пояса являются Пачука и Реаль-дель-Монте. За пять столетий здесь было добыто более 35 тыс. тонн серебра и свыше 150 т золота.

Одной из крупнейших в мире кладовой серебра является Восточно-Австралийская провинция. В ней добывается свыше одной тысячи тонн серебра ежегодно.

Крупнейшее в мире медно-колчедановое месторождение Рио-Тинто – самое знаменитое в Средиземноморском поясе, хотя, начиная с XI в. до н.э. оно непрерывно разрабатывалось сначала финикийцами, потом карфагенянами и римлянами. Серебро здесь извлекается попутно с главными рудными металлами – медью, цинком и свинцом, и его запасы оцениваются в 15-16 тыс. тонн.

Территории Греции, бывшей Югославии, Болгарии, Венгрии и Румынии охватывала Карпато-Динарская провинция, богатая залежами серебра. Это месторождение расположено на островах Эгейского моря и на

Балканском полуострове. Самый известный рудный район Ларион. Здесь серебро добывалось за тысячу лет до нашей эры, при этом пик активности пришёлся на V в. до н.э. В древности концентрация серебра составляла 30 кг на одну тонну свинца. Разведка различных месторождений, проведенная в последние годы, показала, что запасы Югославии в серебре составляют 7000 т., Греции – 5000 т, Румынии – 4500 т, Италии – 5000 т, Македонии – 2200 т.

«То, что в Испании добывалось много серебра и что там находились очень доходные рудники, мы узнали от Плиния, который писал, что рудник под названием Бебело давал Ганнибалу доход ежедневно 300 фунтов серебра. Серебряные рудники Македонии располагались в области Дамастион (в Эпире). Александр, этот покоритель многих народов, получал из них большой доход, ежедневно 1 талант серебра» (Г. Агрикола).

К северо-западу от Карпато-Динарской располагалась Центрально-Европейская серебряная провинция, которая охватывает территорию Франции, Германии, Чехии и Польши. Основные рудные районы – Средне-Чешский, Рудные Горы и Гарц. Большинство месторождений серебра Центральной Европы разрабатывались со времён Средневековья.

В центральной части Чешского массива древних докембрийских горных пород находится месторождение серебра Пршибрам, известное с VIII столетия. В пределах этой зоны произошло обогащение серебра, благодаря чему средневековые горняки добывали огромное количества металла, готового к плавке.

Месторождения Рудных Гор — горного хребта, который тянется вдоль границы Чехии и Германии, прославились в Средние века. Они стали центром мировой добычи драгоценного металла, а Германия — «великой страной серебра» (Ф.Энгельс). В этом рудном регионе наиболее известны месторождения Аннаберг, Шнееберг, Марненберг и Фрайберг (рис. 2.17). В 1477 г. на руднике Шнееберг нашли самый крупный в мире самородок серебра весом в 20 т. Он был так велик, что существовавшие технические средства не позволили даже сдвинуть его с места. Рассказывают, что горняки вырубили из самородка стол и кюрфюрст Саксонский со свитой спустился в шахту и отобедал за этим столом. Затем самородок разделили на части, взвесили и подняли на поверхность. Из этого месторождения было добыто почти 6000 т серебра.

Серия рудных полей образует ожерелье Гарца, жемчужиной его является месторождение Раммельсберг. Знаменито тем, что оно не жильное, а относится к колчеданному типу, то есть серебро содержится в медном и железном колчедане. Его разрабатывали более тысячи лет и закрыли в 1988 г. Причём перед закрытием рудник производил 10000 т свинца, 3500 т цинка, 2000 т меди, 15 т серебра и 100 кг золота.

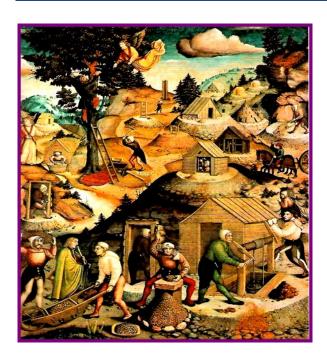


Рис. 2.17. Работы на серебряных рудниках. Х.Гесс. Рисунок на дереве. Германия. Конец XV – начало XVI вв.

Первое место в мире разведанным серебра запасам занимает Польша (66000 m), далее следует США (52000 т), Мексика (47000 m) и Таджикистан (44000 m). В 2002 г. мировые запасы серебра оценивались примерно в 600 тыс. тонн. Из которых 25 % приходится на серебряные рудники, а 75 % на месторождения цветных благородных металлов.

средневековья эпоху В России не было серебра, его импортировали для поддержания денежной системы. Однако, острове Медвежий (Порьегубский залив Кандалакшской губы) серебро было. В островном Белозерском монастыре делали из него утварь и посуду. Допросы монахов не дали результатов и месторождение не

было найдено. Только в 1731 г. житель Кандалакши Егор Собинский нашёл серебряную жилу и привёз в Москву 14 кг самородного серебра.

В 1700 г. по указу Петра I был образован Рудный приказ, который выпустил Горное указание *«всячески поощряющее самодеятельные поиски золотых, серебряных, медных и других руд»*. И в начале XVIII века Россия получила серебряные рудники Забайкалья, сконцентрированные в районе города Нерчинска. В течение двух столетий эти месторождения (*более 100*) давали ежегодно по 10 – 20 пудов серебра.

На Алтае Акинфий Демидов вначале XVIII в. добывал и плавил железо и медь. Кроме того, он тайно получал серебро и даже наладил выпуск денег. В 1745 г. алтайские рудники и заводы были переданы Кабинету Её Величества, а начальник тульских заводов Беер был утверждён их руководителем. Основным рудником того времени стал Змеиногорский, который по производительности обогнал остальные. Во второй половине XVIII в. на Алтае были построены Павловский сереброплавильный и Сузинский медеплавильные заводы, а затем и сереброплавильный завод на реке Алее. Всего к началу XIX столетия на Алтае была создана рудная база из более чем 100 рудоуправлений и рудных залежей. Эти алтайские месторождения почти столетие поставляли по 1000 пудов серебра ежегодно.

Практически у всех народов мира серебро ассоциируют с Луной или лунными божествами, причём оно всегда было несколько менее значимым,

чем золото (*Солнце*). В мифологических системах Луна воплощала женское начало, в противовес Солнцу - мужское начало. На изготовление ювелирных изделий и посуды в 2001 г. израсходовано 8650 т серебра. В Европе лидирует Италия — 1402 т, в Америке — США — 402 т, в Азии — Таиланд — 1007 т, и наконец абсолютный чемпион Индия — 3200 т.

Практически у всех народов мира серебро ассоциируют с Луной или лунными божествами, причём оно всегда было несколько менее значимым, чем золото (*Солнце*). В мифологических системах Луна воплощала женское начало, в противовес Солнцу - мужское начало. На изготовление ювелирных изделий и посуды в 2001 г. израсходовано 8650 т серебра. В Европе лидирует Италия — 1402 т, в Америке — США — 402 т, в Азии — Таиланд — 1007 т, и наконец абсолютный чемпион Индия — 3200 т.



Рис. 2.18. Табакерка с картой Сибири, вероятно, была сделана в память вручения императрице Екатерине II в 1765 году реляции с описанием открытых русскими мореходами Алеутских островов. Сибирь. Вторая половина XVIII в. ГИМ

Чистое серебро плавят графитово-шамотных тиглях под покровом древесного угля. Слой угля должен быть не менее $\frac{1}{4}$ высоты расплава в тигле. Расплав перегревают до 1100 - 1150 °C, графитовыми перемешивают разливают. мешалками Для уменьшения окисления серебра вначале расплавляют компактную шихту, а мелкие составляющие вводят в жидкий металл. Шихту загружают в подогретый тигель и время расплавления и перегрева Серебро сводят до минимума. раскисляют небольшими количествами фосфора ($\partial o 0.003$) %), предназначенное ДЛЯ электротехнических целей кадмием или литием (0.01 % от

массы шихты), так как фосфор заметно снижает электропроводность. При плавке под покровом древесного угля также имеет место раскисление углеродом с образованием газообразных продуктов реакции – CO и CO_2 .

Во время плавки возрастает давление серебра. Так, при его нагреве до 1000-1100 °C упругость паров серебра составляет 9,3-13,3 Па. Это обстоятельство обуславливает повышенные потери серебра на угар.

Сплавы серебра с медью (*om 4 до 75 %*) по сравнению с чистым серебром в процессе плавки способны растворять кислород и водород в значительных количествах. Поэтому плавку ведут с применением защитных покровов из древесного угля, жидких флюсов или комбинированных (*древесный уголь* + жидкий флюс). Загрузку шихты при

плавке серебряно-медных сплавов ведут в зависимости от его состава. Если в сплаве серебра больше, то загружают слитки, бруски и брикеты серебра, а затем медь. Если в сплаве больше меди, то в начале плавят медь, а затем вводят серебро. Мелкие составляющие вводят в конце плавки. Легколетучие составляющие сплава (кадмий и цинк) вводят в серебро в конце плавки в виде лигатур медь – кадмий и медь – цинк.

Тугоплавкие компоненты (никель, марганец, кремний, палладий и др.) желательно вводить в сплав в виде лигатур, при этом температура расплава поднимается ступенчато. Металл не должен излишне перегреваться, так как возникает опасность окисления. Рекомендуемый перегрев составляет $100-150\,^{\circ}\mathrm{C}$.

Сплавы серебра с оловом и марганцем плавят в восстановительной атмосфере. Для предотвращения загрязнения расплава оксидами олова, его вводят только после растворений марганца, который выполняет в этом случае роль раскислителя.

2.3. Платина

Кристаллическая решетка платины (Pt) – гранецентрированная кубическая, температура плавления – 1769 °C, температура кипения – 4400 °C, плотность при комнатной температуре 21,4 г/см³.

Платина имеет высокую коррозионную стойкость в минеральных и органических кислотах, хорошую пластичность и легко подвергается пластической деформации. При нагревании на воздухе она не окисляется. Оксид PtO образуется при нагревании губчатой или листовой платины в сухом кислороде при 450 °C. При температуре плавления Рt растворяет до 5,57 см³/100 г кислорода. Растворимость водорода в ней возрастает с температуры, достигая повышением при температуре $0.2 - 0.3 \text{ см}^3/100 \text{ г.}$ Водород диффундирует через пластинки платины. Это её свойство используют в газовом анализе для отделения водорода от других газов. С азотом жидкая платина практически не взаимодействует, а растворимость углерода в ней достигает 1,45 %. При охлаждении углерод выделяется по границам зёрен в виде графита, что делает платину хрупкой.

Платину плавят в тигельных индукционных высокочастотных печах с набивной футеровкой из оксида кальция, магнезита и оксида циркония. Тигли для плавки изготавливают из тех же огнеупоров. Шамотные и графитовые тигли не пригодны из-за образования хрупкого силицида Pt и насыщения расплава углеродом. В случаях, когда необходимо получать изделия, не содержащие кальция или магния, используют тигли из оксида тория или оксида циркония. Плавку ведут в окислительной атмосфере без применения флюса.

При получении сплавов на основе Pt в качестве шихтового материала используют губчатую платину, спрессованную в брикеты или скрап. Легирующие элементы вводят в её расплав при 1850 — 1900 °C. Несмотря на слабое взаимодействие платины с печными газами плавку ведут форсировано. Раскисление сплава перед заливкой не производят, чтобы избежать загрязнения избытком раскислителя.

Заливают платиновые сплавы с небольшим перегревом в подогретые стальные или туфовые (известковые) формы.

Благородным металлом платина стала в наше время, а в древности особым спросом не пользовалась. Порода, щедро усыпанная серо-белыми вкраплениями чистой платины, необычайно твёрдого металла была обнаружена в реках, впадающих в Тихий океан с гор Эквадора и Колумбии. В XVII веке испанцы считали такой металл не поддающимся обработке. Они выбрасывали платину, как только им удавалось отделить её от золота. Но тысячелетием ранее мастера из племени ла толита изобрели простой способ, позволивший им широко использовать платину. Так как Pt имеет температуру плавления – 1650 °C, а чистое золото – 1063 °C (сплавы с медью примерно 800 °C), то европейцам не удавалось её расплавить ни одним из известных способов. Индейские кузнецы – литейщики смешивали частицы платины с золотой пылью и нагревали смесь на огне древесного угля. В расплавленном золоте растворялась платина. После остывания слитка, его проковывали, а затем снова нагревали. После этого материал становился податливым, и с ним можно было работать.

2.4. Палладий

Палладий (*Pa*) имеет гранецентрированную кубическую кристаллическую решётку. Его температура плавления – 1552 °C, кипения – 3980 °C, плотность при комнатной температуре 12,6 г/см³. Обладая высокими пластическими свойствами, палладий хорошо поддается обработке давлением. В отличие от других элементов платиновой группы, он менее устойчив в концентрированной азотной и серной кислотах, растворяется в царской водке, при температуре выше 700 °C реагирует с кислородом с образованием оксида РаО, который диссоциирует при 877 °C. В значительном количестве палладий растворяет водород: при температуре плавления – до $60 \text{ cm}^3/100 \text{ г}$ и при комнатной температуре – до 850 объёмов водорода. Эта особенность палладия, определила его применение в вакуумной технике. Палладий растворяет углерод. При охлаждении расплава углерод в виде графита выделяется по границам зёрен, ухудшая пластические свойства металла. Палладий находит применение в электротехнической, химической и ювелирной промышленности.

Для плавки палладия чаще всего используют индукционные печи с магнезитовой футеровкой и окислительной атмосферой. Возможна плавка в кварцевых тиглях, но тогда особенно вредна восстановительная атмосфера, так как она способствует загрязнению расплава кремнием. При содержании 0,003 % кремния в отливках появляются горячие трещины. В качестве раскислителей используют алюминий (0,1)% и силикокальций. Флюс при плавке не применяют.

При плавке благородных металлов и сплавов особое значение придаётся созданию условий, обеспечивающих их минимальные безвозвратные потери. В частности, не допускается излишне высокий перегрев расплава над температурой ликвидуса и длительная выдержка при температуре литья.

2.5. Алюминий и сплавы на его основе

По рассказу Плиния Старшего к императору Тиберию (42 г. до н.э. – 37 г. н.э.) пришёл незнакомец и подарил чашу из блестящего, белого и лёгкого металла. Мастер поведал о том, что металл он получил из глинистой земли. Тиберий, испугавшись, что его богатства обесценятся изза нового металла, отблагодарил изобретателя — казнив его (возможно, это легенда).

Через полторы тысячи лет немецкий врач и естествоиспытатель Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм или Парацельс при исследовании квасцов, установил, что *«есть соль некоторой квасцовой земли»*, в состав которой, входит оксид неизвестного металла, впоследствии названный глинозёмом. Квасцы по свидетельству греческого историка Геродота (*V век до н.э.*) древние народы применяли при окраске тканей для закрепления цвета. Минеральную породу (*квасцы*), которая применялась для этой цели, они называли *«алюмен»*, т.е. *«вяжущая»*. Квасцы были известны и на Руси, где их применяли в VIII – IX веках при окрашивании тканей и при приготовлении сафьяновых кож.

Последовательное изучение квасцов в 1754 году начал химик Андреас Сигизмунд Маргграф, который сумел выделить *«квасцовую землю»*. Затем англичанин Гэмфри Дэви пытался извлечь металл из квасцов, однако в 1807 году он сумел электролизом щелочей открыть только натрий и калий. Швед Якоб Берцелиус пытался открыть этот новый металл, назвав его алюмием. Окончательное имя *«алюминий»* закрепил за металлом Дэви.

В 1825 году Ганс Христиан Эрстед опубликовал статью, в которой написал, что им был получен *«кусок металла, цветом и блеском несколько*

похожий на олово». Эта статья прошла незамеченной. Через два года Эрстед сообщил, приехавшему к нему немецкому химику Фридриху Вёлеру, что занимается получением металлического алюминия. Увлёкшись этой проблемой Вёлер в Германии в 1827 году, опубликовал свой метод получения алюминия, который только через восемнадцать лет был доведен до совершенства.

В 1855 году на Всемирной выставке в Париже французский учёный и промышленник Анри Этьенн Сент-Клер Девиль представил *«серебро из глины»* - пластины и слитки алюминия. Эти разработки были осуществлены на крупные вложения Наполеона III, но дешёвого металла получить не удалось. К чести учёного он отчеканил медаль с портретом Фридриха Вёлера и датой *«1827»* и послал её в подарок немецкому учёному, признав, таким образом, его авторство.

Н. Г. Чернышевский впервые увидев алюминий, сказал: «Этому металлу суждено великое будущее! Перед вами, друзья, металл социализма». В 1889 году Д. И. Менделееву в Лондоне, признавая его заслуги в химии, преподнесли весы, сделанные из алюминия и золота. И, наконец, в 1886 году независимо друг от друга американец Чарльз Мартин Холл и француз Поль Луи Туссен Эру изобрели электролитический способ производства алюминия.

Однако, историки до настоящего времени не в состоянии объяснить известного факта – орнамента найденного в Китае в гробнице полководца Чжоу Чжу (*III век*), который по данным спектрального анализа состоял на 85 % из алюминия.

Интересным фактом является разработка нового алюминиевого сплава немецким химиком и металлургом Альфредом Вильм. Исследуя сплав алюминия, в который в качестве добавок входили медь, марганец и магний, он заметил, что после закалке при 600 °C в воде и старения, сплав становился в два раза прочнее. Таким образом, в 1911 году был открыт дюралюминий (по названию города Дюрен, где было начато его промышленное производство).

Алюминий был открыт Вёлером в 1827 году, а его промышленное применение началось с 1845 года. Это самый распространённый металл в природе, он составляет 7,45 % земной коры. В самородном состоянии не найден. Алюминий является составной частью глин, полевых шпатов, слюды и других минералов. Добывают его из бокситов — глины, содержащие 40-70 % алюминия. Эта похожая на глину порода получила своё название от местности Ле-Бо на юге Франции, где было найдено её первое месторождение. Боксит в большей части состоит из окиси алюминия, связанной с водой. Кроме того, он содержит кремнезём, а также окислы железа и титана. Эти примеси удаляют химическим путём, а затем, нагревая вместе с криолитом (Na_3AlF_6) до 900-1000 °C получают путём

электролиза чистый алюминий. После начала его производства алюминий ценился выше золота и поэтому широко использовался в ювелирном деле.

Алюминий — металл серебристо-белого цвета, мягкий, пластичный, хорошо тянется и прокатывается в холодном состоянии. Плотность — 2,7 т/м³. На воздухе быстро окисляется и покрывается оксидной плёнкой, что предохраняет его от коррозии. Из-за этой плёнки трудно поддаётся сварке и пайке (*температура плавления плёнки 2050* °C). Температура плавления алюминия 660 °C, а кипения — 1650 °C. Он легко растворяется в едких щелочах, в серной и азотной кислоте медленно, однако соляная кислота растворяет его бурно. Обрабатывается резцом алюминий хорошо, тянется в проволоку и прокатывается в лист. Фольгу получают прокаткой при температуре 430 °C.

Прокатанный и отожжённый алюминий имеет следующие механические свойства: предел текучести $20-30~{\rm H/mm}^2$, предел прочности на разрыв $70-100~{\rm H/mm}^2$, твёрдость по Бринеллю $150-250~{\rm H/mm}^2$, удлинение при разрыве 30-50~% и сужение 80-95~%.

Чистый алюминий имеет плохие литейные свойства из-за окисной плёнки, а его сплавы с кремнием (*силумины*) — высокие литейные свойства. Их усадка при затвердевании не превышает 1,75 %, жидкотекучесть высокая. Прочность чистого алюминия невысока, а его сплавы имеют высокие показатели.

Все алюминиевые сплавы делятся на деформируемые и литейные. В изделиях они хорошо полируются до зеркального блеска и в этом состоянии устойчивы и декоративны. Сплавы алюминия широко применяют в художественных изделиях — в крупных литых архитектурных деталях и скульптурах, для убранства интерьеров и как заменителя бронзовых украшений. Также его применяют в ювелирном производстве.

2.6. Магний

Магний называют *«младшим братом»* алюминия, лёгкий металл, занимающий третье место по распространению в земной коре после алюминия и железа. Производят его переработкой минерального сырья, содержащего хлориды, особенно двойную соль магния — карналлит ($MgCl_2 \ x \ KCl \ x \ 6H2O$). Представляет собой белый серебристый металл с точкой плавления 650 °C и плотностью 1,74 т/м³. На воздухе поверхность магния быстро покрывается окисной плёнкой. Прочность чистого магния невысока и составляет всего $80-120\ H/mm^2$, а относительное удлинение на разрыв 4-6%.

В промышленности нашли применение литейные магниевые сплавы, а в последние годы и деформируемые. В этом отношении сплавы, содержащие 3-7 % алюминия и 0.5-1.0 % цинка, в частности сплав -

MgAl6Zn имеют прочность на растяжение $260 - 290 \text{ H/мм}^2$ и удлинение 6 - 10 %. Некоторые магниевые сплавы способны к упрочнению в процессе старения.

Магний — горючий материал, воспламеняется при температуре 550-600 °C, образуя окись магния (*густой белый дым*). Хорошо обрабатывается резанием.

В художественном литье магниевые сплавы применяются в основном для украшения интерьеров. Отливки из магниевых сплавов очень хорошо меднятся и латунируются гальваническим способом, и после отделки они декоративны. Достоинством магниевых сплавов является малый удельный вес (в четыре раза меньше бронзы).

2.7. Никель и сплавы на его основе

Никель до начала прошлого века считался ювелирным материалом. Из него изготавливали диадемы, браслеты, кулоны, так как он был редким и дорогим. Этот металл был известен в Китае ещё во втором веке до н.э. Древние китайцы выплавляли сплав никеля с медью и цинком — «пакфонг», который и поставляли в разные страны. Так он попал в Бактрию, где из него стали делать монеты. Одна из таких монет хранится в Британском музее (дата выпуска 235 год до н.э.).

Никель как химический элемент был открыт шведским химиком и металлургом Аксель Фредерик Кронштедтом при исследовании минерала ЧТО означало «купферникель», «медный дьявол». Оказывается, средневековые саксонские рудокопы часто встречали красно-бурый гравий, и считали его медной рудой. Выплавка меди из этой руды ни к чему не приводила, поэтому, считая, что это проделки злых духов (горного духа по имени Никель), его и прозвали «медным дьяволом». Когда Кронштедт получил никель, химики его долго не признавали как химический элемент. В 1775 году Торберн Бергман убедительно доказал, что никель не смесь нескольких элементов, а самостоятельный металл дал Кронштедт). Никель металлу производстве художественных изделий стал применяться в самом конце XVIII и начале XIX веков.

Сплавы железа с никелем применялись тогда, когда по существу никель не был известен — сплав, содержащий 10 % никеля, представляет собой метеоритное железо. Древнекитайский металл *«пафонг»* был сплавом меди с цинком и никелем, и только в начале XIX в. примерно такой же сплав под названием *«нейзильбер» («новое серебро»)* начали производить в Германии. Кроме того был создан сплав получивший название *«аргентан» («подобный серебру»)*. Некоторое время спустя, появились новые заменители серебра — мельхиор, альфенид и др.

Известно, что многие сплавы были природного происхождения. Так, в промышленности давно используются сплавы меди с никелем – купроникели. Особенно большую известность представляет монельметалл. Интересна история его появления. В Канаде при добыче никелевых руд у металлургов возникла задача разделения меди и никеля, так как в руде было много меди. Удачная мысль пришла в голову президенту Международной никелевой компании в 1905 году Амброзу Монелю, о том, чтобы выплавлять их совместно. Оказалось, что новый сплав обладает целым рядом достоинств: высокая химическая стойкость, прочность и пластичность, красивый цвет и к тому же недорогой.

В 1906 году на руднике Крейтон инженеры фирмы «Интернейшнл никель K° » установили, что медно-никелевая руда имеет состав близкий к монель-металлу и разработали технологический процесс его производства прямо из руды.

В настоящее время никелевых сплавов, которые применяются в технике, в быту и ювелирном деле насчитывается более 3000. В частности платинит (50 % никеля и 50 % железа) заменяет платину, когда необходимо впаять стекло в металл.

Никель — вязкий металл серебристо-белого цвета с сильным блеском, не тускнеющий на воздухе. Плотность никеля $8,9\,\,\text{т/m}^3$; температура плавления $1455\,\,^{\circ}\text{C}$; он кипит при $3075\,\,^{\circ}\text{C}$. Обладает магнитными свойствами, но при температуре $360\,\,^{\circ}\text{C}$ магнитные свойства исчезают. Чистый никель не окисляется в атмосферном воздухе. В разбавленных серной и соляной кислоте он растворяется медленно, а в азотной очень быстро. Не подвержен коррозии в воде, в том числе в морской, в щелочах, растворах солей и многих органических кислотах. Хорошо куётся, прокатывается и вытягивается в проволоку. Предел прочности на растяжение составляет $400-700\,\text{H/mm}^2$.

В никеле всегда есть примеси: кобальт, железо, медь, марганец и кремний, которые присутствуют в небольших количествах. Эти примеси не считаются вредными, так как они влияют на механические свойства. Вредными считают: углерод, серу и кислород. Углерод допустим в количестве до 0.3-0.4%, при более высоком содержании выделяются графитные включения и невозможна прокатка никеля в лист. Присутствие 0.02% серы вызывает красноломкость никеля при температуре 625 °C (нельзя штамповать).

В художественных производствах никель применяют главным образом для никелирования — декоративных и антикоррозионных покрытий. А также для получения различных сплавов, имитирующих серебро в посудном, галантерейном, ювелирном производстве. В частности, древний 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 78,0 % меди, 20,0 % никеля, а

также 1,0 % железа и 0,5 % кобальта и некоторых других примесей. Из этого сплава чеканили монеты.

Широкое применение получили мельхиоры, которые твёрже серебра, хорошо полируются, имеют серовато-белый цвет. По содержанию элементов выделяют следующие разновидности:

- ▶ 60 % меди, 20 % цинка, 20 % никеля сплав, который используют для декоративных предметов: подсвечников, канделябров и др.;
- ▶ 50 % меди, 25 % цинка, 25 % никеля сплав, наиболее похожий на серебро; имеет белый цвет, достаточно ковок и пластичен;
- ▶ 50 % меди, 20 % цинка и 30 % никеля сплав очень ковок, хорошо полируется;
- ▶ 40,5 % меди, 25,5 % цинка, 31,5 % никеля, 2,5 % железа несколько изменённый сплав пактонг;
- ▶ 55 % меди, 16 % цинка, 24 % никеля, 3 % олова, 2 % железа так называемый белый металл, используемый для изготовления ложек, вилок и т.п.

Самыми распространенными в художественной промышленности считаются два никелевых сплава:

- ▶ мельхиор (HM 81), содержащий 81 % меди и 19 % никеля;
- ▶ нейзильбер (НМЦ 65-20), содержащий 65 % меди, 20 % цинка и 15 % никеля.

Оба сплава имеют высокую коррозионную стойкость, прочность и пластичность. Хорошо прокатываются, чеканятся, штампуются и полируются. Легко принимают красивую и разнообразную отделку и различные оттенки под воздействием раствора гипосульфита натрия и уксуснокислого свинца.

Два других никелевых сплава используются в качестве стальных припоев: сплав из 38,0 % меди, 50,0 % никеля и 12,0 % цинка — тугоплавкий припой, и сплав из 35,0 % меди, 8,5 % никеля и 56,5 % цинка — легкоплавкий припой. Припои используют для пайки стали, так как они подходят по цвету и швы незаметны.

2.8. Цинк и его сплавы

Цинк участвовал в производстве ещё до того, как был открыт как элемент, так как более трёх тысяч лет назад многие народы умели выплавлять латунь. Металлурги в древности бросали вместе с углем и медью в костёр серые камни (содержащие цинк), которые позволяли получать латунь — сплав, имеющий высокую пластичность и прочность, коррозионную стойкость и красивый цвет.

В чистом виде цинк долго не давался людям. Отделить цинк от кислорода можно было только при высоких температурах, т.е. более

высоких, чем температура его кипения, поэтому пары цинка, встречаясь с кислородом воздуха, вновь превращались в оксид. Этот круг долго не удавалось разорвать. Однако древние мастера Индии и Китая примерно в V веке до н.э. научились конденсировать пары цинка без доступа воздуха в глиняных сосудах и таким путём получать слитки синевато-белого металла. Несколько позже искусству плавить цинк научились и в европейских странах. Так, в Трансильвании (Румыния) в римской провинции Дакия, был найден металлический идол, отлитый из сплава богатого цинком (свыше 85 %). Однако секрет получения цинка был утерян. Поэтому вплоть до XVII века цинк поступал в Европу из восточных стран и считался большой редкостью. Известно, что в Мешоко (Северный Кавказ) было найдено украшение из цинка, которое археологи отнесли к III тысячелетию до н.э. Пока считают, что это самое древнее на сегодня цинковое изделие. Описания плавки этого металла в китайских и индийских источниках относятся к VII - VIII векам. Венецианский путешественник Марко Поло, побывавший в XIII веке в Персии, рассказал в своих книгах, как получали цинк персидские мастера.

Поэтому в древние времена цинк был малоизвестным металлом, древние греки и римляне не оставили о нём никаких сведений. Во время раскопок города Камероса, который был разрушен в V веке до н.э. были найдены браслеты из цинка. Известно, что цинк привозили из Индии (китайцы научились плавить цинк у индийцев). В Европе металлический цинк был получен виднейшим алхимиком – доминиканским монахом, епископом Регенбургским – Альбертом Великим и Фомой Аквинским. Однако, первооткрывателем цинка, считают Теофраста Парацельса, который в 1530 году описал и дал ему название, которым мы пользуемся (латинское «иинк» переводится как «белый налёт»). По другой версии оно произошло от древнегерманского слова «цинко», означавшего «бельмо на глазу». До этого за ним числилось большое количество других названий, так Роберт Бойль называл его «спелтер», русский учёный И.Шлеттер в 1736 году назвал его *«туцией»*. Чаще всего этот металл называли «шпивутер». Название «туция» пошло от географа античности Стробона $(60-20\ вв.\ до\ н.э.)$, который определил его как «фальшивое серебро» тутия.

Немецкий химик и металлург Иоганн Фридрих Генкель, выделил цинк из минерала галмея. Он *«сжёг»* галмей и из оставшейся золы получил блестящий металлический цинк.

Первый патент на промышленное производство цинка принадлежит Джону Чемпиону, который в 1739 году разработал дистилляционный способ его получения из окисленных руд. А в 1743 году в Бристоле был построен первый завод по производству цинка. Двадцать лет спустя Чемпион разработал технологический процесс получения цинка из сульфидных руд.

В настоящее время в объёме производства цветных металлов, цинк занимает третье место после алюминия и меди.

Чистый цинк (Zn) имеет серовато-белый цвет с синеватым оттенком, с характерным блеском на свежем изломе, который быстро тускнеет на воздухе. Плавится Zn при температуре 419,5 °C, начиная с 500 °C, он сгорает на воздухе, образуя окись, кипит при 930 °C. Находясь в сухом воздухе, цинк не окисляется. Во влажном воздухе он покрывается прочной оксидной плёнкой и приобретает тусклый синевато-серый цвет. Защитная плёнка состава $2ZnCO_3 \cdot Zn(OH)_2$ имеет высокую химическую стойкость, но быстро разрушается без углекислоты. В серной, соляной, азотной, уксусной и других кислотах цинк растворяется. В щелочах он также растворим с выделением водорода.

Цинк плохо обрабатывается режущими инструментами и сильно расширяется при нагревании.

В прикладном искусстве цинк используют в чистом виде и в сплавах. Начиная с XVIII века из листового цинка, техникой дифовки и чеканки с последующей монтировкой выполнялись крупные декоративные скульптуры, барельефы и другие архитектурные украшения.

Благодаря высокой жидкотекучести из цинка изготавливают тонкие ажурные предметы. Особенно широко цинковое литьё применяется для изготовления недорогой осветительной арматуры: подсвечников, подставок для ламп, настенных бра, канделябров и т.п. Обычно эти изделия тонируются под бронзу или золотятся. Кроме того, из цинка изготавливают круглые декоративные скульптуры, которые, как правило, отливаются по частям и затем спаиваются оловянно-свинцовыми припоями.

Среди легкоплавких цинковых сплавов применяются: сплав повышенной прочности из 93 % цинка, 4 % алюминия и 3 % меди, а также сплав средней прочности — 95 % цинка, 4 % алюминия и 1 % меди. Для предохранения сплавов от растрескивания их модифицируют 0,03 % магния.

Цинковый сплав с 22 % алюминия обладает сверхпластичностью. Под действием растягивающей нагрузки он способен удлиняться на 1000 %. Листы из такого сплава приобретают сверхпластичное состояние при температуре 260 – 270 °C и необычно легко поддаются операциям по формообразованию. Процесс цинкования позволяет получать цинковые покрытия толщиной 0,02 – 0,10 мм.

2.9. Свинец

Свинец известен человечеству с древнейших времён. Его знали египтяне, финикийцы, греки и другие народы. Существует изречение, что

«Древний Рим отравился свинцом», и действительно, использование свинцовой посуды и косметических красок приводило к хроническому отравлению и вымиранию римской знати. Средняя продолжительность жизни патрициев не превышала 25 лет. Кроме того к отравлению приводило использование свинцовых водопроводных труб. Было установлено, что вода, питающая Древний Рим, была богата углекислым газом, который реагируя со свинцом, образовывал хорошо растворимый в воде углекислый свинец. В организме он постепенно замещал кальций, входящий в состав костей, что приводило к хроническим заболеваниям.

В древние времена свинец использовали для написания писем. В частности, на пластинах из него записывались различные социальные события.



Рис. 2.19. Пряжка из Лавандакского могильника. II в. до н.э.

Самым древним, дошедшим до нас изделием свинца, считается фигурка, египетская хранящаяся в Британском музее: возраст более eë шести тысяч лет. В Испании сохранились древнейшие отвалы свинцовистых шлаков: здесь ещё в третьем тысячелетии н.э. до финикийцы разрабатывали

свинцово-серебрянное месторождение Рио-Тинто. Во время раскопок ассирийского города Ашшура была обнаружена свинцовая глыба массой примерно 400 кг. Как полагают археологи глыбу можно отнести к 1300 году до н.э. Богатое свинцовое месторождение было обнаружено в Америке после лесного пожара: на месте сгоревшего леса под слоем золы были найдены крупные слитки свинца. Пожар выплавил свинец из руд, находившихся под корнями деревьев.

Значительную роль в развитии художественного литья сыграли петергофские фонтаны. Первая скульптура для них была свинцовой. Во время Петра I скульптуры были, в основном, привозными — из Италии, Англии и Голландии. Скульптуры из Англии и Голландии были из свинца. Так, в феврале 1717 г. в Петербург прибыли 60 больших и 20 малых позолоченных свинцовых статуй, изготовленных в Амстердаме. В канцелярии городовых дел за 1720 год хранится договор: «... вылить (о статуях) из их свинцу за морем и поставить в С.-Бурх в сем 720-м или будущем 721-м году на кораблях их мастерами и работными людьми». Статуи были отлиты английской фирмой «Гиль Томасов сын Эванса». В 1772 году из свинца в Голландии были отлиты ещё 12 статуй: «... статуй

свинцовых, которые показывают 12 месяцев знаками своими, как назначено на двух чертежах...».

В конце первой четверти XVIII века в Петербурге стали отливать скульптуры из свинца в мастерских Б.-К. Растрелли и Ф. Вассу, а также на Васильевском острове в *«Мастерских избах»*. Отлитые статуи после их установки золотили листочками золота.

Свинцовые статуи петергофских фонтанов прослужили до начала 30-х годов XVIII века. Под собственной тяжестью, под действием смены температур и дефектов изготовления они пришли в полную негодность. Скульптор И. П. Мартос так представил их состояние: «Опытом на самих имеющихся в Петергофском саду свинцовых статуях доказано, что сей материал мягкий и тяжеловесный подвержен скорому изменению... Давление тяжести металла и влажного состава, в нём заключённого, также некоторое расширение сего от влаги производит то действие, что свинец, будучи крепок, даёт трещины на статуе и её искривляет и от сего фигура делается безобразною».

В 1799 году все статуи Большого каскада было решено заменить бронзовыми. Была создана комиссия Академии художеств, в которую входили — ректоры Ф.Г. Гордеев, И.П. Мартос и профессор М.И. Козловский. Поскольку оригиналы полностью деформировались, то скульптуры создавались заново в античном стиле. Новые статуи из бронзы отливал известный литейщик В.П. Екимов. Первые статуи были отлиты в июле 1806 года. Свинцовые статуи были проданы для переплавки с торгов.

«Непроницаемая тьма свинцовым пологом ощетинилась отяжелела за этими хижинами, и в этой тьме безраздельно царствует старый Сатурн, заживо поедающий детей своих...» (Салтыков-Щедрин M.E. «Наша общественная жизнь»). Мрачность Сатурна (Ф. Гойя «Сатурн, пожирающий своих детей») поразила древних алхимиков, и они связали эту древнюю планету с тяжёлым неприветливым, серым металлом, образующим ядовитые окислы – свинцом. В Европе его считали нечистым металлом, поэтому пули из свинца не берут нечисть. Народы Азии наоборот считали, что свинцовые пули и свинцовые амулеты способны отгонять злых духов. Ханты (север Сибири) отливали из свинца фигурки оленей и лошадей в деревянных формах. Эти амулеты оберегали животных от хищников и различных бедствий.

Свинцовые листочки и карандаши долго служили для переписки даже в эпоху Возрождения.

В средневековой Франции и Англии свинец применяли для изготовления крыш и водосточных труб. Кроме того, изготавливали художественную посуду и предметы домашнего обихода.

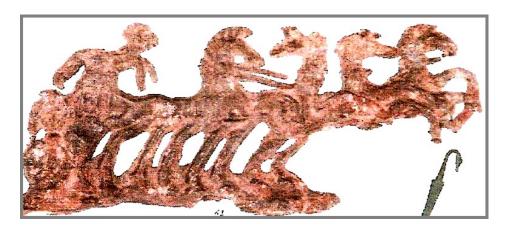


Рис. 2.20. Вотивная пластина. Свинец. Отлита в форме. Длина 8,1 см. IV – III в. до н.э. Северное Причерноморье. Эллинистический период

Невысокая температура плавления — 237,4 °C, даёт возможность использовать свинец (Pb) для инкрустации предметов из дерева. На свежем разрезе он синевато-серого цвета и быстро тускнеет на воздухе. Плотность свинца 11,9 т/м³, температура кипения 1525 °C. Свинец наиболее мягкий и вязкий из всех металлов. Во влажном воздухе его поверхность покрывается вначале плёнкой окиси, а затем гидрата окиси, которая частично растворяется в воде. Таким образом, свинец частично разрушается водой. Он хорошо противостоит действию соляной и серной кислоты, растворяется в азотной кислоте, нестоек в щелочах.

В настоящее время чистый свинец как материал для художественных изделий не применяется. Его используют как составную часть легкоплавких сплавов для литья декоративных недорогих изделий и в мягких оловянно-свинцовых припоях для пайки стальных и медных художественных изделий.

Разработаны следующие свинцовые составы для художественного литья:

- ▶ 49,5 % свинца, 23,0 % висмута, 10,0 % сурьмы, 1,5 % меди и 16,0 % олова;
- ▶ 58,0 % свинца, 20,0 % олова, 7,0 % сурьмы, 1,0 % меди и 14,0 % олова:
- ▶ 67,0 % свинца, 15,0 % висмута, 5,0 % сурьмы, 1,0 % меди и 12,0 % олова.

2.10. Олово

Олово имеет различные кристаллические формы. При комнатной и более высокой температуре, устойчивой модификацией является олово – вязкий, пластичный металл. При понижении температуры до -13 °C его

кристаллическая решётка перестраивается, расстояние между атомами увеличивается. Новая модификация — серое олово — теряет свойства металла и становится полупроводником. В процессе превращения, напряжения, возникающие между различными типами решёток (решётка перестраивается с увеличением объёма из тетрагональной в кубическую), приводят к растрескиванию материала. При —33 °C скорость превращения максимальна. Сплавление олова с висмутом способствует его стабилизации. Кроме того, удалить серые пятна можно нагреванием до 18 °C. Известный «оловянный крик», возникает при трении кристаллов олова и их смещении относительно друг друга. Таким образом, можно проверять чистоту металла.

Хорошие литейные свойства олова, его пластичность и красивый серебристо-белый цвет способствовали его использованию в декоративно-прикладном искусстве. В Древнем Египте и Древней Греции из него отливали украшения, напаянные на другие металлы. Гомер в «Илиаде» рассказывает, что Гефест выковал для Ахилла щит, на который нанёс рисунок из олова.

Наиболее ранними оловянными изделиями считаются кольцо и бутылка, найденные в одной из египетских могил, отнесенные к первому тысячелетию до н.э. В трудах историка Геродота (V век до н.э.) сообщается об оловянных покрытиях железа от ржавчины.

В Англии были найдены плавильные ямы и шлак, содержащий олово, археологи отнесли находки к III веку до нашей эры. Юлий Цезарь в своей книге *«Комментарий по поводу Галльской войны»* упоминает о производстве олова в некоторых районах Британии. Начиная с XIII века из олова, изготавливали посуду и церковную утварь.

В Древней Руси, начиная с XVI века олово, применялось для тонкого художественного литья, которое употреблялось для внутренней отделки зданий, а также для бытовых вещей. Ажурное оловянное литьё служило в качестве декора иконостасов, дверей, подвесных и выносных фонарей и т.п.

Олово известно с древних времён в сплаве с медью. Бронзовые орудия были значительно твёрже меди и поэтому латинское название *«станум»* - от санскритского слова *«ста»* - твёрдый, стойкий. Изделия из бронзы были найдены более шести тысяч лет назад. Плиний Старший говорил, что зеркала – *«...наилучшие из известных нашим праотцам были сделаны в Брундизие из смеси меди и олова»*. Перуанские индейцы знали чистое олово и изготовляли бронзовое литьё.

Олово (Sb) имеет серебристо-белый цвет, но темнее серебра. Это мягкий и вязкий металл с плотностью 7,3 т/м³, несколько тверже свинца. Его можно прокатать в лист.

Олово плавится при температуре 232 °C, кипит при -2200 °C, в пределах нагрева до 160-200 °C становится хрупким. На воздухе не

окисляется, в воде окисляется медленно, устойчиво к коррозии благодаря образованию пассивной окисной плёнки. Его используют для приготовления белой жести. При охлаждении теряет металлические свойства и переходит в серый порошок — «серое олово».

В природе олово находится в виде кислородного соединения (*оловянного камня*) и значительно реже – в соединениях с серой и железом. В настоящее время в чистом виде не применяется, а входит в состав сплавов.

Из олова также получают двусернистое Sb, которое по цвету похоже на золото. Это *«серное золото»* под названием *«муссивного»* или *«сусального»* в виде тончайших листков или порошков 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.

2.11. Медь

Медь получила своё название *«сиргит»* от острова Кипр, на котором её добывали римляне и греки. Русское название, как считают, произошло от слова *«смида»*, так славяне называли любой металл. Она имеет характерный красный цвет, на матовой поверхности мягкий, приглушённый розовый оттенок, а после полировки цвет становится более ярким и блестящим. При добавлении больших количеств меди в сплавы они также окрашиваются в тёплые красноватые тона — томпак и бронзы. Сплавы с меньшим процентом меди имеют жёлтые и зеленовато-жёлтые тона, а сплав, содержащий 50 % меди и 50 % олова, имеет белый цвет.



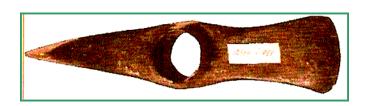


Рис. 2.20. Топор. Найден возле с. Рингач. Медь, литьё. Черновицкий музей

Медь (Cu) мягкий и пластичный металл, легко обрабатывается давлением и волочением, хорошо куётся. Её хорошо штамповать, дифовать и чеканить, легко принимает разнообразную форму, допускает выколотку

высокого рельефа. Из меди прокаткой изготавливают лист, ленту, фольгу толщиной до 0,05 мм. Кроме того, из неё вытягивают трубки, различный профиль и проволоку, толщина которой может составлять 0,02 мм. Благодаря высокой вязкости медь плохо обрабатывается резцом, сверлом и фрезой. Абразивная шкурка и напильники быстро забиваются при тонкой обработке.

Медь хорошо шлифуется и полируется, однако благодаря активному окислению быстро теряет блеск. Плотность меди 8,94 т/м³, удлинение 45 – 50 %, имеет очень высокую тепло- и электропроводность, температура плавления составляет 1083 °C, температура кипения 2305 – 2310 °C. Медь плохо льётся, так как имеет на поверхности плёнку и интенсивно поглощает водород и кислород, поэтому отливки могут иметь большое количество газовых раковин. В сухом воздухе медь не окисляется, во влажном – окисляется до зеленоватого цвета, а в присутствии сернистых соединений до чёрного.

По минеральному химическому И составу медные руды подразделяются на первичные (сульфидные) и вторичные (окисленные). Минералы первичных руд представляют собой соединения меди с серой, а также рядом других элементов, важнейшим из которых является железо. Самым распространённым на земле является медный сульфид халькопирита – CuFeS₂. В нём содержится 30 – 34 % меди, около 30 % железа и 33 – 35 % серы. В других менее распространённых сульфидах – ярко синем ковеллине (CuS – «медное индиго») и свинцово-чёрном халькозине (Cu_2S) меди уже больше: 66 и 80 % соответственно, а серы в халькозине меньше – около 20 %.

Из первичных руд древний человек получить медь не мог, из-за сложности технологического процесса (обжиг руды и плавка в восстановительной углеродной атмосфере). Но миллионами лет грунтовые воды омывали сульфидные руды, при этом кислород воды разъедал медь с серой, и на поверхности месторождений образовывались ярко-зелёные, лазурные и красные медные окисленные минералы — малахит, азурит, куприт, тенорит. В окислах — куприте и тенорите от 80 до 90 % меди. В малахите и азурите меди меньше, но древние металлурги эти минералы особенно ценили, так как даже простое нагревание до 700 °С в присутствии древесного угля приводило к реакции:

$$CuO + CO = Cu + CO_2$$
,

т.е. окись меди восстанавливалась до металлического состояния. Кроме того зоны таких руд располагались в верхних частях рудного тела и поэтому были более доступными.

Археологи и металлурги считают, что в древности Си добывали из вторичных руд. Особенностью окисленных медных руд является

присутствие кислорода. Древние мастера заметили, что высокая температура раскалённых углей способна превратить зелёные камни в красную медь. И это происходило при условии, если руду покрывали толстым слоем углей, и избыток воздуха не проникал свободно в зону горения, так как мог помешать процессу. При горении древесного угля развивалась высокая температура, и выделяющийся углекислый газ, обволакивая куски руды, обеспечивал восстановительную атмосферу, в которой получалась металлическую медь.

В древнем Египте во втором тысячелетии до н.э. металлургия меди была высоко развита — насчитывалось до 1000 медеплавильных печей, а затем внезапно прекратила своё существование. Оказалось, что причиной тому было отсутствие дров — пальмы и белые акации по берегам Нила были полностью вырублены.

Медь упоминается в древнегреческих мифах, титан Прометей, по приказу Зевса был прикован к скале медной цепью. У Гомера в «Илиаде» античный бог-труженик Гефест был литейщиком и кузнецом, это он выковал непобедимому Ахиллесу медный щит. Кроме того, за две тысячи лет до опытов Гальвани и Вольта в районе двуречья под Багдадом был найден глиняный сосуд, внутри которого находился медный цилиндр с сильно окислившимся железным стержнем. Было установлено, что арабы наливали в сосуд щелочь, получая электрический ток, и использовали его для золочения ювелирных изделий.

В конце 50-х годов английский археолог Джеймс Мелларт проводил раскопки восточного холма Чатал-Хююк на Анатолийском плоскогорье в Турции. Радиоуглеродный анализ позволил определить время существования поселения на этом холме — примерно 6500 — 5700 годы до н.э. На самых нижних горизонтах были обнаружены медные шильца, крохотные бусинки и трубочки. Самое удивительное то, что их делали не из самородков, а из выплавленной из руды меди, так как был найден медеплавильный шлак. Вскоре к востоку от Конийской долины в верховьях реки Тигр, американские и турецкие археологи нашли древнее поселение со следами меди и медной руды, которое оказалось на пять веков старше, чем предыдущее.

Медь входит в знаменитую *«великолепную семёрку»* металлов – золото, серебро, железо, олово, свинец, ртуть, медь. Среди этих металлов только золото, серебро и медь встречаются в самородном состоянии. В середине прошлого века в районе Великих озер (*Северная Америка*) был найден сросток крупных медных глыб массой примерно 400 тонн. На поверхности глыбы остались следы каменных топоров, которыми во времена неолита пытались отбить куски меди.

В качестве примесей в меди присутствуют: кислород, висмут, сурьма, свинец, мышьяк, железо, никель, сера, олово, цинк. Наиболее вредной примесью является висмут, который в интервале температур 400 –

600 °C вызывает у меди красноломкость. Во время прокатки при указанных температурах она становится хрупкой.

Чистую листовую медь (0.8 - 1.2 мм) применяют в художественной промышленности для чеканки сложных объёмных форм. Немаловажно, что медь прекрасно сохраняется в условиях коррозии. Кроме дифовочного производства чистая медь используется для штамповки высоких и сложных рельефов и орнаментов. Красную медь применяют в филигранных работах.

К наиболее широко применяемым сплавам меди относятся:

- бронза (90 % меди, 10 % олова),
- томпак (90 % меди, 10 % цинка),
- ▶ аргетан (65 % меди, 20 % цинка, 15 % никеля),
- **>** константан (60 % меди, 40 % никеля),
- никелин (56 % меди, 31 % никеля, 13 % цинка),
- манганин (85 % меди, 12 % марганца, 3 % никеля),
- мельхиор (80 % меди, 20 % никеля).

2.12. История применения латуней и их общая характеристика

Латунь — сплав меди с цинком. Большинство латуней имеет красивый золотисто-жёлтый цвет. Художественные латунные изделия, покрытые специальными бесцветными или слабо окрашенными спиртовыми лаками или нитролаком, приобретают и надолго сохраняют вид и блеск золота.

Латунь хорошо обрабатывается на режущих станках, полируется и долго сохраняет полированную поверхность, хорошо сваривается и паяется как мягкими, так и твёрдыми припоями. Большинство латуней хорошо прокатывается, штампуется и чеканится. Она легко и прочно покрывается различными гальваническими покрытиями — никелем, серебром и золотом; подлежит химическому оксидированию и может быть тонирована в любые цвета. Температура оплавления латуни 980 — 1000 °C.

Для литья латуни не очень технологичны, однако, алюминиевая и марганцево-свинцовистая — имеют высокие литейные свойства. По сравнению с чистой медью сплав более твердый и прочный, а содержащий 30 % цинка, не уступает чистой меди по пластичности.

Латуни с малым содержанием цинка — от 3 до 20 % называются томпаками; они имеют красновато-жёлтый цвет и применяются для изготовления художественной посуды, в художественной эмальерной промышленности для изготовления спортивных нагрудных и юбилейных значков, а также дешёвых ювелирных изделий. Томпак хорошо обрабатывается, в холодном состоянии штампуется, тянется в проволоку —

как чистая медь. На воздухе окисляется. Близкие к томпаку сплавы, широко применялись в Европе и России в качестве поддельного золота, они состояли из меди, цинка (∂o 18%) и небольшого количества олова. Эти сплавы имели причудливые названия — «Симилор», «Ореид», «Хризохалк», «Хризорин», «Приниметалл» и др.

Составы латуней, применяемые в ювелирной промышленности, приведены в табл. 2.1.

В качестве заменителя оловянистой бронзы предложена латунь ЛНК60 -4-1, она имеет высокую прочность и коррозионную стойкость, удовлетворительные литейные свойства. Температура начала кристаллизации сплава 920-930 °C, интервал кристаллизации 25-30 °C, линейная усадка 1,7-1,8 %.

Таблица 2.1 Химический состав латуней для ювелирной промышленности

| No | | | П | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-------------------|
| пп | Cu | Zn | Al | Ni | Sn | Ag | Pt | Pb | Mn | Примечание |
| 1. | 90,0 | 10,0 | - | - | - | - | - | - | - | цвет золота |
| 2. | 84,5 | 15,0 | 0,5 | - | - | - | - | - | - | заменяет |
| | | | | | | | | | | золоченую |
| | | | | | | | | | | проволоку |
| 3 | 88,0 | 10,0 | - | 2,0 | - | - | - | - | - | то же |
| 4 | 60,0 | 25,0 | - | - | 15,0 | - | - | _ | - | цвет золота |
| 5 | 75,0 | - | 25,0 | - | - | - | - | - | - | то же |
| 6 | 88,0 | - | 10,0 | 2,0 | - | - | - | - | - | применяется для |
| | | | | | | | | | | ЛИТЬЯ |
| 7 | 91,6 | 0,4 | - | 6,0 | - | 1,0 | 1,0 | - | - | похож на золото |
| 8 | 57,0 | 20,0 | 3,0 | 20,0 | - | - | - | - | - | белый цвет |
| | | | | | | | | | | серебра |
| 9 | 59,0 | 24,5 | 0,15 | 11,0 | 5,0 | - | - | 0,35 | - | заменитель |
| | | | | | | | | | | серебра |
| 10 | 55,0 | 29,0 | - | 16,0 | - | - | - | - | - | применяется для |
| | | | | | | | | | | ЛИТЬЯ |
| 11 | 66,0 | 16,0 | - | 18,0 | - | - | - | - | - | цвет серебра |
| 12 | 49,0 | 39,0 | - | 12,0 | - | - | - | - | - | хорошо |
| | | | | | | | | | | чеканится |
| 13 | 70,0 | 15,0 | 2,0 | 3,0 | - | - | - | - | 10,0 | серебристо- |
| | | | | | | | | | | белый |
| 14 | 66,0 | 27,0 | 4,0 | - | - | - | - | - | 3,0 | цвет золота |
| | | | | | | | | | | 583-й пробы |
| 15 | 64,0 | 30,0 | - | - | 0,5 | - | - | 3,0 | 2,5 | цвет золота 750-й |
| | | | | | | | | | | пробы |

Хорошими литейными свойствами и красивым золотистым цветом обладают кремнистые латуни ЛК80 - 3 и ЛКС80 - 3 - 3. Заменителем золота при изготовлении знаков отличия, фурнитуры и художественных изделий является латунь ЛА85 - 0,5. Латунь Л90 отличается красивым золотистым цветом, хорошо эмалируется и золотится, применяется для изготовления художественных изделий. При изготовлении статуй используют латунь следующего состава, % (по массе): медь 72 - 88, цинк 25 - 10, олово до 3,0, свинец до 3,0.

Известны следующие исторические примеры использования латуни.

В V – VI веке до н.э. моссинеки – народы, населявшие побережье Чёрного моря, добавляли к меди особый сорт земли, который был цинковой рудой – галмеем. Эта руда содержит смесь углецинковых и кремнецинковых солей. Аристотель эту добавку к меди называл – «Минерал моссинеков». Также в своих сочинениях, относящихся к 330 году до н.э., Аристотель упоминает знаменитую индийскую чашу царя Дария, которую трудно было отличить от золотой, но изготовлена она была из медного сплава. При этом питьё из золотой чаши не оставляло привкуса во рту, а из латуни – привкус был.

Найденные в Палестине предметы домашнего обихода и украшения, которые датируют 1500 годом до н.э., среди которых была птичка, считали золотыми. Проведенные позднее исследования показали, что птичка была изготовлена не из золота, а из меди (75,0%), цинка (23,5%), примесей железа и свинца. Это была латунь.

Римляне и древние греки получали латунь, об этом упоминает Плиний Старший (23 - 79 гг. н.э.) и Аристотель (384 - 322 гг. до н.э.), они сплавляли медь с цинкосодержащими минералами (галмеем). Они считали, что галмей обладает свойством окрашивать медь в жёлтый цвет, и до конца XVII века не было известно, что латунь и есть сплав меди с цинком.

В одном из медных месторождений Урала также была найдена латунь. Таким образом, металл Атлантиды – орихалк, был латунью природного происхождения.

В Индии, в селении Бидар местные мастера изготавливают декоративные изделия – кувшины, тарелки, статуэтки из сплава меди, цинка и олова. Их покрывают особым раствором, после которого они чернеют. Затем художники наносят различные узоры, которые напоминают инкрустацию серебром. Эти узоры никогда не тускнеют и поэтому очень популярны.

На Руси латунь называли жёлтой медью. Памятник Минину и Пожарскому известного скульптора И. П. Мартоса, выполнен не из бронзы, как считали ранее, а из латуни.

Со средины XVIII в. из латуни стали производить *«бронзирующий порошок»* для отделки художественных изделий из гипса, дерева, папьемаше. Его получали измельчением тончайших латунных пластинок.

Порошок получают и другим способом — восстановлением раствора медного купороса металлическим железом. Губчатую массу измельчают, промывают, сушат, а затем придают бронзовый оттенок, нагревая с парафином в железных ящиках до появления цветов побежалости.

2.13. История возникновения бронзы, её составы и свойства

История возникновения литья из бронзы

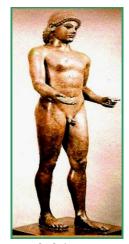


Рис. 2.21. Бронза. Высота 115 см. Приблизительно V в. до н.э.

Люди познакомились бронзой c примерно в четвёртом тысячелетии до н.э. Древнейший морской порт в Италии Брундизи был конечным пунктом Аппиевой дороги, по которой в порт поступала медь, добываемая в стране. Предполагают, что медь не всегда была чистой, а имела некоторое содержание олова природного происхождения. По другой версии, считают, что в порту могли находиться греческие суда, перевозившие олово Британских островов. Местные металлурги литейщики, могли опытным путём определить, что сплав этих двух металлов, имеет высокие свойства, и освоить его производство. Вскоре этот сплав – «медь из Брундизия» (с латинского

«эс Брундизи») – везде стали именовать бронзой.

Медный век был непродолжительным, и медь была вытеснена бронзой. На каменных глыбах египетских пирамид остались следы медных орудий труда, от бронзовых орудий следы не остаются. В Атлантиде Платона упоминалась порода орихалк, которая по своей ценности уступала лишь золоту. «Здание храма, - пишет Платон, снаружи покрыто оконечностей, серебром, кроме покрытых золотом. Внутри храма потолок слоновой кости, расцвеченный золотом, серебром и орихалком. Все же прочие – стены, колонны и пол одеты кругом одним орихалком. Посреди острова в капище бога моря Посейдона стоял орихалковый столп, на котором надписи,



Рис. 2.22 Бронза. Высота 25 см. II в. до н.э.

начертанные ещё предками... Стена около крайнего внешнего кольца по

всей окружности обделана медью, но ею, указывает Платон, - пользовались «как бы мастикой»; внутренняя часть покрыта оловом, а стена вокруг акрополя «покрыта орихалком, издававшим огненный блеск». Интересно, что Платон не упоминает о бронзе, хотя учёные считали, что Атлантида поставляла бронзу другим странам. Кроме того, он говорил, что орихалк извлекался из земли в готовом виде и предположительно являлся природной бронзой.

В нумизматике орихалком называют бронзовый сплав с золотым оттенком, из которого в Древнем Риме чеканили сестерции.

В настоящее время достоверно не установлено, какой искусственный сплав был отлит первым. Этим сплавом мог быть биллон — сплав меди с серебром, из которого на рубеже V — IV тыс. до н.э. в Южной Туркмении отковывали булавки. Возможно, что одним из первых был сплав меди с мышьяком, который был очень распространён во множестве областей Евразии. И век бронзы мог начаться не из оловянистых сплавов, а с мышьяковистых бронз.

Существует мнение, что широкое распространение мышьяковистые сплавы получили в Центральной и Западной Европе (руды исследования района Цвиккау), однако кавказского восточноевропейского материала III – начала II тыс. до н.э., доказали, что многие предметы были отлиты и откованы из мышьяковистой меди, в которой содержалось 25 – 30 % Аѕ. Мышьяк к меди литейщики добавляли с целью улучшения механических и литейных свойств сплавов. К слову, металлургия на Кавказе возникла на тысячу лет раньше, чем в Средней Европе.

Основными минералами мышьяка являются — реальгар (As_4S_4) и аурипигмент (As_2S_3) с привлекательным цветом. Реальгар (*с арабского* – «рудничная пыль»), называли рубиновым мышьяком за его ярко-красный цвет. Аурипигмент – по латыни означает «золотая краска» и поэтому считали, что он содержит золото. Красный цвет минералов, наделял их свойствами быть волшебными. И поэтому исследователи считают, что легирование меди мышьяком происходило из уверенности древних металлургов, что волшебный камень – красная и золотистая руда улучшают свойства металла. Уже тогда установлено, что сплав имел беловатый цвет и при избытке мышьяка становился хрупким. Зато в литье он был хорош, имел высокую жидкотекучесть, а кроме того легко ковался. Металлург, В.А.Пазухин исследуя производство мышьяковистых бронз, установил, что совместная плавка малахита с аурипигментом или арсенопиритом приводит к получению бронзы с содержанием мышьяка до 8 %. Для получения большего содержания Аs, руду необходимо вводить непосредственно в расплавленную медь. Использование мышьяковистых бронз прекратилось в середине II тыс. до н.э.

Классическая бронза древнего мира — оловянистая, использовалась на Ближнем Востоке уже в начале III тыс. до н.э. Первые свидетельства присутствия этих бронз найдены в Уре, древнейших слоях Трои, их широкое применение началось во II тыс. до н.э. Это обусловлено не тем, что мышьяковистые бронзы имели более низкую прочность или твёрдость, а из-за высокой токсичности паров мышьяка (установлено английским металлургом Д. Чарльзом). Плавки приводили к тяжёлым отравлениям литейщиков это, и решило судьбу мышьяковистых бронз.

Плавка оловянистых бронз приводила к попаданию в сплав в качестве примесей свинца, мышьяка, сурьмы, серебра, цинка. Эти элементы придавали бронзам кроме определенных характеристик – цвет и литейные свойства.

Самыми распространёнными сплавами в Евразии были меднооловянистый и тройной со свинцом. Свинец улучшал литейные свойства и ковкость. Появление в сплавах свинца не было неожиданным, так как в древности олово и свинец не различали. Шумеры называли эти металлы одинаково — нага-нигги или по-аккадски — анаку. Более поздние исследования определили разницу — свинец именовался абаром (бронза — забаром). Во времена античности их тоже принимали за один металл, и различали по светлому цвету и хрусту во время изгиба — plumbum album (белый) означало олово, а plumbum negrum (чёрный) — свинец. Даже у Агриколы в XVI в. встречаются эти термины. Более того, он считал, что белый свинец не самостоятельный металл, а сплав чёрного свинца с серебром.

Изображение технологического процесса изготовления отливок из бронзы было обнаружено в гробнице высокопоставленного египетского чиновника XVIII династии, относящейся ко II тыс. до н.э. (Новое царство). Трое рабочих (считают рабов, так как рядом стоит надсмотрщик с палкой) подносят металл к горну и плавят его. Изображены тигли, кучи древесного угля, корзина для доставки угля в «литейный цех». Двое рабочих обслуживают меха для поддержания дутья в горне, третий с «кочергой» - следит за огнём в горне. Далее они с помощью прутьев, извлекают тигель и заливают металл в форму. Иероглифы поясняют, что на стене изображено литье больших бронзовых дверей для храма, причём металл по приказу фараона доставлен из Сирии. Отливка дверей храма свидетельствует об огромном опыте мастеров в получении бронзового литья.

Таким образом, в бронзовом веке человек из медной и оловянной руды научился выплавлять бронзу и производить из неё предметы обихода и оружие, позднее монеты и различные украшения. В состав древних бронз, входило приблизительно 88 % меди и 12 % олова. Античные и коринфские бронзы содержали до 90 % меди. В виде примесей в них присутствовали — железо, кобальт, никель, свинец, цинк, серебро.

Византийские, корсунские и древнерусские бронзы IX - X века содержали не более 8 - 10 % олова.

В античные времена бронза была основным материалом для греческих и римских скульпторов. Существовало два способа литья — сплошное и полое. Мелкое литьё — статуэтки изготавливались сплошными, а статуи и скульптуры, как правило, полыми. Считают, что греки технологию бронзового литья позаимствовали с Востока и значительно усовершенствовали. Первоначально все отливки изготовлялись сплошными, но уже в VI в. до н.э. был изобретён способ полого литья скульптур. Наивысший расцвет бронзовой скульптуры приходился на время зрелой классики — V — IV вв. до н.э. Необходимо помнить, что в истории принято именовать античные времена для Древней Греции и Рима в периоды с IX — VIII вв. до н.э. до IV — V вв. н.э.

Благодаря своим свойствам бронза послужила материалом для изготовления скульптур гигантских размеров. В начале III века до н.э. был создан Колос Родосский (скульптор Харос), 32-метровая статуя бога Солнца Гелиоса, возвышавшаяся у входа в гавань. Скульптура, изготовленная из 225 тонн литой бронзы, считалась одним из семи чудес света. После разрушения была продана сирийцам как металлолом. Другим чудом, следует считать огромную фигуру Будды в храме Тодайдзи, созданную японцами в VIII веке. Масса отливки 400 тонн.

В XII — XVII вв. в Древней Руси отливки производили из красной меди с оловом, а затем из жёлтой меди — бронзы с добавкой цинка. С середины XIX в. для отливки памятников применялась так называемая *«сукрасная»* бронза, в состав которой входила цинковая лигатура ($\partial o 5 \%$). Из этой бронзы было отлито около 70 различных памятников на Санкт-Петербургской фабрике бронзового литья А.Морана. В конце XIX века широкое применение для художественного литья получила бронза с содержанием 2-4 % олова и 10-18 % цинка.

В Западной Европе для статуарного литья использовались бронзы похожего состава. Так, во Франции применяли бронзу, состоящую из 82 % меди, 13,5 % цинка, 3 % олова и 1,5 % свинца.

В России статуарное литьё начало развиваться во времена царствование Петра I, в первой четверти XVIII века. Появились первые бронзовые скульптурные произведения, на высоком уровне производилась отливка колоколов, пушек, мелкой пластики и изделий культового характера. В начале использовалась техника литья итальянской школы, а затем с XV века начала создаваться московская художественная школа, которая отличалась использованием национальных мотивов в сюжетах и орнаментах, более высокой техникой литья и качеством чеканки.

Известно, что бронзы, которые широко использовались на Руси были похожи на византийские. В практике, кроме того, применяли сплавы меди, олова и цинка, которые назывались спрудами ($XII - XIV \ 66$.). В XV - XVII

для литья памятников использовали медь, а впоследствии латунь. Однако в металле некоторых памятников все равно присутствует значительное количество олова. Так, памятник Петру I отлит из бронзы содержащей 65 % меди, 25 % цинка и 10 % олова.

На заводе К.Н. Берда (Π етербург) в XIX веке было отлито большое количество декоративной скульптуры, в частности для Исаакиевского собора — рельеф «Bоскресение Xриста». Верхняя часть фигуры содержит 88,0 % меди, 6,7 % цинка и 5,3 % олова, а нижняя часть — 74,44 % меди, 22,45 % цинка, 0,42 % олова и примеси.

Выдающимся примером художественного литья являются бронзовые барельефы Александровской колонны, и в частности фигура ангела работы Б.И.Орловского. Этот памятник создан в честь триумфальной победы русского народа в войне 1812 года. Сооружен по проекту О.Монферана в 1830 – 1833 гг. Скульптура ангела установлена на вершине дорической колонны её высота 4,3 м, высота головы составляет 1 : 8 часть скульптуры. Отлитая скульптурная композиция была вначале помещена в нишу Троицкого собора, а затем помещена на колонну (до этого колонна была увенчана только крестом). Гранитный пьедестал имеет четыре барельефа размером 5,24 × 3,0 м, толщиной 32 мм. К Зимнему дворцу обращён барельеф с двумя летящими фигурами Славы – «Александру I благодарная остальных барельефах изображены Россия». символизирующие Победу, Мир, Мудрость, Изобилие и Правосудие. Все воинские атрибуты памятника были скопированы с образцов, хранящихся в Оружейной палате Московского Кремля. Статуя, барельефы, а также декоративная отделка были отлиты на заводе Берда (Адмиралтейский *завод*) из бронзы, содержащей 88,07 % меди, 3,99 % олова и 7,94 % цинка. Вес всего литья – 128 тонн.

В дальнейшем – со средины XIX века в России преобладала статуарная бронза с цинковой лигатурой (*не более 5 %*), в частности памятник Пушкину в Днепропетровске.

В советское время для художественного литья использовалась бронза состава (%, по массе): 5-7 олова, 5-7 цинка, 1-4 свинца, медь – остальное (ГОСТ 4116 – 75). В примесях – сурьма, железо и алюминий (всего 1,5 %). Для замены олова и меди была предложена бронза из 51-52 % меди, 4,5 % марганца, 2,0-2,5 % железа и цинка – остальное. Потом был произведен несколько изменённый состав – 55 % меди, 3 % марганца, 1 % железа, цинк – ост. Также были разработаны сплавы, имитирующие цвет золота 583-й пробы, содержащие алюминий, кремний и марганец (первые три) и золото более высокой пробы остальные:

- \triangleright алюминий 2,5 %, цинк 2,5 %, медь остальное;
- \triangleright кремний 1,5 %, алюминий 1,5 %, медь остальное;
- \triangleright марганец 3 %, алюминий 1 %, медь остальное;
- \triangleright сурьма 5 %, алюминий 1 %, медь остальное;

 \triangleright олово – 5 %, алюминий – 1 %, медь – остальное.

Свойства бронзовых сплавов и их применение в художественном литье

В итальянском языке используется слово – bronzo, которое и означает современную бронзу. Ранее под этим словом в широком смысле понимали сплав меди с другими элементами, которые делали её твёрдой и вязкой. Основным элементом при изготовлении бронзы является олово, которое хорошо растворяется в меди и резко меняет её свойства. В частности при содержании 7 % Sb, прочность по сравнению с медью возрастает в два раза, а при его содержании – 20 % свойства бронзы достигают своих высших значений (твердость в три раза выше, чем у меди). При 27 % олова, бронза имеет самую высокую твёрдость и хрупкость. Однако, чем выше твёрдость, тем ниже вязкость и ковкость. Поэтому соотношение содержания Sb: Cu не превышает 35: 65 или это соотношение будет значительно меньше. Если содержание олова составляет 4 - 6 % бронза пластична и может коваться. Кроме того добавка в медь олова значительно понижает температуру плавления сплава: от 1083 °C (медь) до 980 °C при 8 % Sb и до 800 °C при 25 % Sb. Также содержание олова в меди существенно влияет на цвет бронзы. При присадке 10 % олова бронза имеет красно-жёлтую окраску, при 16 – 25 % олова цвет бронзы желтовато-белый, при 25 % и выше она становится светло-серой, а при 33 % олова получается белая бронза (похожая на серебро).

Научные исследования показали, что в оловянистой бронзе, которая широко применялась для изготовления орудий при содержании олова 9 — 11 % присутствует целый ряд примесей, в том числе цинк и свинец, которые отрицательно влияют на прочностные характеристики сплава.

Для отливки колоколов применяется чистая оловянистая бронза с большим содержанием Sb (20-23%), так как нужна повышенная твёрдость. В старых колоколах, к сожалению, иногда содержится большое количество примесей, которые ухудшают звон — особенно вредны свинец, сурьма, алюминий, цинк и др. Что касается серебра, то бытует мнение, что серебро улучшает звон колоколов, однако, установлено, что это не так. Серебро в лучшем случае не влияет или ухудшает звон, а пожертвованные серебряные предметы на литьё колоколов всегда доставались мастерам, вовсе не попадая в пламенную печь. Содержание серебра в старых колоколах минимально, и было примесью в медной руде и таким образом попадало в изделие.

Зеркальные бронзы изготавливаются с древних времен. Основными требованиями при этом являются высокая твёрдость и способность металла к полировке. Этими свойствами обладают бронзы с содержанием олова от 30 до 33 %, при этом они долго сохраняют полировку, имеют

почти белый цвет и хорошую отражательную способность. Иногда в этот сплав добавляли свинец, мышьяк и сурьму, однако это всегда приводило к быстрому окислению бронзы и её потемнению.

Бронзы по-прежнему являются ЛУЧШИМ материалом ДЛЯ изготовления декоративных художественных произведений, т.к. обладают комплексом необходимых эстетических и технологических свойств. Основой сплавам служит система из четырех элементов: Cu – Sn – Zn – Pb. Как литейный материал они обладают высокой жидкотекучестью, хорошо заполняют самые сложные формы, имеют небольшую усадку, хорошо обрабатываются (ковка, чеканка, резание, гравировка), имеют красивый цвет и высокую коррозионную стойкость. Во время расцвета греческой культуры практически все произведения скульпторов были выполнены из оловянистой бронзы. Очень часто в эту бронзу добавляли свинец, считая его оловом плохого сорта (чёрное олово). Во времена римской империи в бронзу стали добавлять цинк, который добавляют и сейчас, иногда в значительных количествах. Цинк в художественной бронзе не приносит такого вреда как в колоколах, орудиях и зеркалах, поэтому его иногда добавляют в бронзу в больших количествах, чем олова. В бронзы этого типа добавляют свинец от 10 до 15 %. При химической обработке эти бронзы окрашиваются в чёрный или тёмный цвет. Примеры состава бронз для художественного литья приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 *Состав литейных бронз для художественного литья*

| Марка бронзы | C | Примесь, % | | | M., iee | | | | |
|-----------------|-------|------------|-----|------|------------|-----|-----|-----------------------------|----------------------------------|
| | Sn | Zn | Pb | Cu | Sb | Fe | Al | Всего прим., %, не более | Примечание |
| БХ1 | 4–7 | 5–8 | 1–4 | ост. | 1,0 | 1,0 | 0,1 | 3,0 | для отливки бюстов, статуй |
| БХ2 | 1–5 | 8–13 | 1–6 | ост. | 1,0 | 1,0 | 0,1 | 3,0 | крупное декоративное литьё |
| БХ3 | 0,5–3 | 25–35 | 1–3 | ост. | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 3,0 | мелкое декоративное литьё |

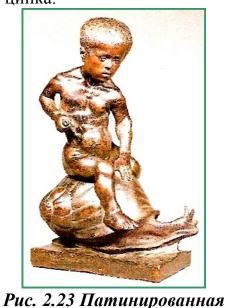
Хорошими декоративными свойствами обладают марочные технические деформируемые оловянные бронзы БрОЦС4 -4-2.5 и БрОЦС4 -4-4, а также литейные бронзы БрОЦС5 -5-5 и БрОЦС6 -6-6

3 (*нестандартная литейная бронза*). Некоторые безоловянистые бронзы также имеют хорошие декоративные свойства и высокую коррозионную стойкость – БрА5, БрА7 и БрКМн3 – 1.

Бронзы в монументальных произведениях, которые подвергаются воздействию атмосферных осадков, меняют свой красно-жёлтый и золотистый после отливки цвет на нежно-коричневый с зелёным налётом, состоящим из так называемой патины. Эта светло-зеленая патина состоит из основных углекислых соединений, которые и после длительного использования должны сохранять целостность произведения, передавая его тонкие очертания. Содержание цинка должно быть небольшим, на основании многолетней истории рекомендуют сплав следующего состава: 86,6 % меди; 6,6 % олова; 3,4 % свинца и 3,4 % цинка.

Химический состав некоторых художественных сплавов для литья монументов, перешёл к нам из древности:

- скульптура «Лев» установленная на городской площади в Брауншвейге (XII столетие) содержит: медь 81,0 %, цинк 10,0 %, олово 6,5 %, свинец 2,5 %;
- скульптура «Марса и Венеры» в
 Мюнхене (1585 г.): медь 93,78 %, цинк
 0,30 %, олово 4,77 %, свинец 0,67 %,
 никель 0,48 %;
- ▶ скульптура «Великий Курфюрст» в Берлине (1703 г.): медь 89,08 %, цинк 1,64 %, олово 5,82 %, свинец 2,62 %, железо 0,13 %, никель 0,11 %, сурьма 0,60 %;
- скульптура «Бахус» в Сицилийском саду
 возле Потсдама (1835 г.): медь 89,40 %,
 цинк 1,65 %, олово 7,54 %, свинец 1,23 %, железо 0,18 %;
- японская бронза богатая свинцом: медь 83,35 %, цинк 1,90 %, олово 4,80 %, свинец 9,95 %.



бронза. Высота 37,5 см., длина 19,5 см. Север Италии, XVI век

2.14. Железо и железо-углеродистые сплавы

Культура железа возникла в различных частях земного шара не одновременно, а там, где были богатые залежи железной руды, эта культура могла существовать совместно с бронзовой и даже минуя её. В частности, когда в Египте господствовала бронза и литьё из благородных металлов, племена центральной Африки уже знали железо и технологию его получения. В Европе железо было известно с X века до н.э., также как

и в Ассирии и Вавилоне. В древности железо связывали с именем бога войны Марса и одноимённой планетой. Распад сельской общины ($1000-500\ гг.\ do\ н.э.$) ознаменовался разделением ремесла и земледелия. В это время, благодаря развитию добычи и обработки железа возрастает значение металлургии – литейного и кузнечного дела.

Самородное железо, в противоположность меди, в природе почти не встречается. В «Илиаде» и «Одиссее» Гомера железо упоминают как «небесный металл», а в Древнем Египте его называли словом «ваасперс», что означало «родившийся на небе». В XVII веке до н.э. египтяне делали из железа зеркала, которые отполировывали до стеклянного блеска. Железо в то время было очень дорого, так как было редким металлом, например, у хеттов, населявших во II – и I тысячелетиях Северную Сирию и Малую Азию железо стоило в 5 раз дороже золота, в 20 раз – серебра и в 6400 раз дороже меди. Следует сказать, что в то время использовали, в основном, метеоритное железо, а оно куётся только в холодном состоянии, а в горячем становится хрупким (из-за содержания кобальта, никеля и др.). Понятно, что металл, упавший с неба относился к божественному, поэтому из него изготовляли ритуальные предметы. У некоторых народов к железу вообще нельзя было прикасаться, в частности у римских монахов. В наше время известно, что на землю ежегодно падает тысячи тонн метеоритного железа, однако разброс металла очень высок. Поэтому поиск железа вёлся всё время и, наконец, начался железный век, который относят к XII – XI столетиям до н.э. В эти века начался массовый переход к производству железа в Восточном Средиземноморье, Закавказье и на Переднем Востоке.

Другим распространённым минералом железа является гематит, или красный железняк (окись железа). Слово гематит означает «кровь», ювелиры используют его в качестве поделочного камня под названием «кровник». Из него изготовляют брошки, кулоны, запонки и геммы. Кроме того, этот камень издревле применяли в качестве абразива при полировке изделий из золота, серебра, поделочных камней, стекла. У мастеров он известен под названием «крокус». Кроме того, его использовали в качестве краски.

Из сказанного выше ясно, что изначально добыча железа заключалась в собирании на поверхности земли метеоритного железа, кусков бурого и красного железняка. Затем распространилась добыча в открытых выработках, рудниках, и, наконец, в некоторых местах было освоено производство железа из болотной руды. Ржавчина - гидроксид железа, постепенно оседая на дно, превращалась в мелкие округлые камешки, в болотную руду. Её название — лимонит, в переводе *«луг, болотная земля»*.

Восстановление железа из руды происходило путём высокого нагрева. Наиболее ранняя плавильная печь была сложена из кирпича и имела в передней стенке отверстие, служившее для создания тяги и

расположенное чуть выше подины. Полученное вязкое железо, собиралось в боковых углублениях пода. Над углублениями печи для повышения температуры располагался свод. Отверстия всегда были повёрнуты в сторону ветра. Застывшую крицу извлекали после разрушения печи, при древней обработке она представляла собой сварочное железо или мягкую сталь с содержанием углерода от 0,12 до 0,25 %. При использовании примитивных печей нельзя было получить расплавленный металл для литья, т.к. температура белого каления 1200 °C.

В Тарксдорфе и Силезии (*Германия*) в местах залежей болотной руды, на территории в 63000 кв. м. было расположено 30000 печей, относящихся ко времени сельской общины – VIII в. до н.э.

Производство сварочного железа, послужило развитию кузнечного дела, которое в это время становится важнейшей отраслью промышленности. Кузнецы изготавливают разнообразные орудия труда – топоры, лемеха, молотки, ножи, серпы, долота, напильники и различные предметы вооружения.

В гомеровских поэмах железо называется «многотрудным» металлом, так как оно тяжело обрабатывалось. В тоже время железо становится богатством и объектом торговли. Историки считают, что во времена Гомера литейное и кузнечное дело ещё слиты воедино, но отделились от добычи руды и металлургической обработки. Так, бог Гефест выступал как кузнец-оружейник, но одновременно он и литейщик, и медник, и золотых и серебряных дел мастер. Металл, восстановленный сыродутным способом на месте добычи, шёл далее в литейные и кузнечные мастерские. Топоры, серпы и вооружение вначале отливали, а затем проковывали или ковкой доводили форму изделия.

История индийской железной колонны, стоящей в Дели, является примером мастерства древних металлургов. Колонна сооружена в 415 году и вначале украшала величественный храм Будды. Весит она 5 т, высота 7 м, диаметр у основания 42 см, а на вершине 30 см. Этот железный монолит не ржавеет в условиях тропического климата. Изготовили индийские мастера колонну путём ковки раскалённой железной губки вместе с древесным углем. При этом окислы железа восстанавливались до железа древесным углем, а примеси удалялись в летучем виде. Таким образом, был получен металл высокой чистоты, содержащий 99,72 % железа. При такой чистоте он имеет очень высокую коррозионную стойкость, как и благородные металлы.

Основным оборудованием литейных мастерских в IV в. до н.э., которые частично отделились от кузниц, являлись плавильные печи, снабжённые мехами, плавильные тигли и формы для получения отливок. В это время одновременно с горном используются высокие плавильные печи, в которых металл плавили без соприкосновения с огнём, топка была отделена от плавильной камеры или тигля. Литья осуществлялось в

формы, изготовленные из песка, глины и камней. В эпоху поздней бронзы уже применялись парные формы (низ и верх). Металл заливался через литник и заполнял в форме полость изделия. Половинки скреплялись между собой перевязкой или соединялись клиньями. Из глины получали формы для литья с утратой восковой модели. В этот же период методом литья изготавливали полые бронзовые статуи.

У скифских племен железные предметы были в раннем бронзовом веке. Известно копьё, наполовину медное, наполовину железное, обнаруженное при раскопах у Мелитополя. Начиная с VII в. до н.э. железо в Скифии получило широкое распространение. И вплоть до IV – III вв. до н.э. металлургия железа была тесно связана с медно-бронзовым делом. В ремесленном центре - Каменском городище были обнаружены жилища мастерские ремесленников, меднолитейные И сооружения одной мастерской железоделательного производства, при ЭТОМ В находились и медные, и железные шлаки, льячки для бронзолитейного производства, кузнечные орудия железоделательного производства и сами продукты литья и обработки железа. Эти находки говорят о том, что один человек или семья выполняли функции металлургов, кузнецов. Предполагают, что железная руда бронзолитейщиков И добывалась в Криворожском бассейне, а цветная руда в Донецком. В Каменском городище сохранились остатки глиняных горнов. Они имели размеры: внизу $-1,35 \times 1,35$ м, вверху $-1,0 \times 1,0$ м при высоте 0,7 м. горны использовались длительно. В середине Отдельные находились небольшие – 15 – 25 см углубления, как считают, для установки тиглей и плавки цветных руд. Расплавленный металл разливался в формы глиняными льячками. Литьё производили в каменные и медные формы и по восковым моделям. Большой интерес представляют находки техники отливки больших бронзовых скифских котлов, украшенных скульптурами животных. Ранее их отливали по восковой модели, одноразового использования, а были найдены одинаковые котлы и формы использования. Формы многоразового собирались ИЗ обожжённых глиняных кусков, и после литья не разбивались, а разбирались.

В раннем периоде феодальной эпохи железо производили сыродутным способом, его получали в тестообразном состоянии, а затем металл, сваренный в крицы обжимали молотами для удаления шлака. Печи по-прежнему были примитивными, дававшими низкие температуры. Но уже к XIII в. они были усовершенствованы, и их высота увеличилась. Новые печи называлась штукофенами, т.е. печи выделывающие крицу. Штукофены были переходной ступенью к доменным печам. Они складывались из песчаника и были высотой 3,50 м. Шахта имела вверху и внизу форму усечённого конуса. В стенке имелось одно отверстие для дутья и для извлечения крицы. Передел происходил также как и в открытых горнах, однако благодаря высоте и форме печи, процесс шёл

более равномерно. В таких печах получали сразу три вида железного продукта: чугун, который стекал как отброс, вместе со шлаком, ковкое железо в крицах и сталь, тонким слоем покрывавшая крицы. Опыт работы показывал, что требовалось более сильное дутьё, и в конце XIV и вначале XV вв. было изобретено водяное колесо. Это событие привело к открытию чугуна и его литейных и передельных свойств. Благодаря высокой температуре, вместо обычной крицы, получалась новая расплавленная масса — чугун. Какое-то время было враждебное отношение к чугуну, которое считали отбросом при производстве железа, так как он поглощал крицу. Его выбрасывали, считали ненужным, и с этого времени сохранилось английское название — «pig iron» (свинское железо), старинное русское название «свиньи железа литого» в XVII в. и современный термин «чушка».

Бросовое железо постепенно стали добавлять к руде в шихту, и заметили, что при этом получается железо более высокого качества, чем при выплавке из руды. Затем стали сознательно переделывать чугун, в железо, увеличивая дутьё, открыв процесс передела.

Особое место в мировой истории и археологии занимает литьё чугуна в древнем мире. Историк античного мира Павзаний писал: «Феодор Самосский (VI век до н.э.), который изобрёл способ лить железо и выделывать из него статуи». Павзаний также говорит о железной статуе Эпаминонда, о железном троне Пиндара, о статуе Геркулеса работы Тизагора, о голове льва и о диком кабане из железа: «Изготовление статуй из железа является самым сложным и требующим величайшего труда делом. Поэтому работа Тизагора замечательна». В работах Плиния отмечалось, что при выделывании твёрдой глыбы железа из руды иногда получается некоторое количество жидкого металла. Этим металлом являлся чугун.

Появление чугуна в Китае, по литературным данным, относится к VI веку до н.э. Предполагают, что искусство китайских литейщиков заключалось в способе приготовления фосфористого чугуна, который имел более низкую температуру плавления и высокую жидкотекучесть. И, что жители Восточной Азии научились лить чугун во втором веке до н.э. от беглецов из китайских войск. По другим источникам, литьё чугуна в Китае, относится к 954 году, когда был отлит чугунный лев в Цзан-чжоу. «Когда Ши-Цзун (император) вёл войну против кидан ... в древнем Цзан-чжоу жил человек, который, хотя и совершил преступление, был искусен в литье металлов. Он отлил льва для охраны города и, благодаря этому, получил прощение за свое преступление. Этот лев — 17 (китайских) футов высоты и 16 футов длины. Однажды ночью местные жители вырвали хвост и часть брюха, и до сего дня эти части отсутствуют». Примерно в это же время были отлиты из чугуна 225 Будд, около тридцати дюймов высоты, которые находятся в «Зале тысячи Будд» в Суань-чун-су,

приблизительно в тридцати милях на юго-запад от Тай-юань-фу. Кроме указанных отливок имеется большой чугунный колокол в провинции Шань-си, который датируют 1079 г. н.э.

Следующим историческим этапом было производство отливок из чугуна, для повышения качества которого, были созданы блоуфены (поддувные печи), а затем и доменные. Домны появились в Зигерланде (Вестфалия) в середине XV века. Если в начале XVI в. чугунное литьё ещё являлось побочной отраслью металлургии железа, то к середине века в Германии домны прекращают выпуск передельного железа и переходят на выпуск литейного чугуна. Литейное производство быстро расширяется благодаря заказам военных. Были организованы специальные литейные заводы и множество литейных мастерских, в которых основными плавильными агрегатами были доменные печи. На этих заводах производился широкий ассортимент различной продукции вплоть до колоколов. В это время наряду с серыми чугунами, производили половинчатые и белые чугуны для ядер.

В середине XVII в. доменные печи по-прежнему являлись основными плавильными агрегатами литейного производства. Доменный процесс обслуживали: мастер-литейщик, два завальщика и несколько подручных. Львиная доля зарплаты приходилась при этом на литейщика, который в то время оставался ремесленным мастером. «Литейщики обычно держат свои работы в большом секрете, - пишет французский металлург Бушю, - этим они обходят вопросы, которые не могут разрешить..., они боятся увеличить число специалистов в их области». не стали узкими специалистами и оставались Литейщики ещё универсальными знатоками своего дела. Для работы: «Нужно, чтобы каждый литейшик совершенстве знал расположение в месторождения, обогащения руды, составление шихты, глинистые и известковые флюсы и внутренние процессы домны... Это он должен выведением футеровки и горна домны, исследовать употребляемые для этого материалы ... устраивать воздуходувные приспособления, знать нужное количество угля, хорошо управлять фурмами и содержать их; по характеру шлаков и огня распознавать перебои ходе доменного изменения или процесса соответствующие средства их исправления». Бушю указывал, что горновые «должны обладать всеми познаниями литейщика». Он и предложил открывать школы мастеров-литейщиков, чтобы убрать ремесленную монополию.

В конце XVIII века стал вопрос создания оперативного плавильного агрегата, малой доменной печи — вагранки, так как с печами большой производительности работать было трудно. Известно, что небольшие вагранки в XVI в. применялись в Италии для отливки ядер, а в Китае — в XVII в. для плавки бронзы и чугуна. Они имели форму вытянутого тигля,

отверстие для дутья и лётку, которая открывалась перед выпуском металла. Кроме того, были маленькие переносные вагранки. Большие вагранки начали применяться в конце XVIII в. на Урале, а затем в Англии.

Постепенно, насыщая железо углеродом, мастера перешли к получению стали, которая обладала более высокими свойствами. Кузнецы освоили различные виды термической обработки и тем самым научились придавать изделию более высокие служебные свойства. Это искусство способствовало производству уникальных произведений. Так, появились стальные *«бриллианты»*, которые в XVII веке производили тульские мастера. Ими украшали ларцы, ножи, сабли, подсвечники и т.п. Заготовка такого *«бриллианта»* имела грибовидную форму, верхняя часть гранилась и полировалась, а ножка укреплялась в металлической поверхности.

В Древней Руси высокоуглеродистая сталь с содержанием от 0,35 до 0,85 % углерода была известна наряду с простым железом. Она упоминается под терминами *«оцел»* и *«харолуг»*. В XVII веке появился новый термин – *«уклад»*, обозначавший высокоуглеродистую сталь. Из этой стали изготовляли сварные клинки, мечи, кинжалы, ножи и т.п.

Литьё чугуна в России началось в XVI – XVII веках на чугунолитейных заводах Урала. Первоначально из него отливали плиты полов, двери и надгробные плиты. Затем на Урале было освоено художественного литья. После пуска производство Александровского завода в 1774 г., он стал выпускать разнообразные художественные изделия и бытовые принадлежности: вазы, статуи, настольные фигуры, ларцы, пепельницы, дверные ручки, колонны, решётки и т.п. В дальнейшем чугун стали использовать знаменитые оформления соборов И общественных ДЛЯ Знаменитыми памятниками этого искусства являются чугунные решётки Петербурга, статуарное и барельефное литьё, а также триумфальные арки по случаю знаменательных событий.

Высокие литейные свойства чугуна, особенно фосфористого, позволили отливать из него тончайшие изделия с красивой чёрно-коричневой поверхностью. Совершенно уникальную продукцию из чугуна производили знаменитые литейщики Каслинского и Кусинского заводов. Её примером является статуя «Россия» (рис. 2.24). Также примером этого великого мастерства является чугунный павильон, получивший золотую медаль на Всемирной выставке в Париже в 1900 году.

В настоящее время сплавы железа распространены наиболее широко. Основные из них – сталь и чугун – представляют собой сплавы железа с углеродом.

Железо — металл серебристо белого цвета. Чистое железо, которое может быть получено в настоящее время, содержит 99,999 % Fe, а технические сорта — 99,8...99,9 % Fe. Температура плавления железа 1539 °C. Оно известно в двух полиморфных модификациях α и γ -железо

существует при температурах ниже 910 °C и выше 1392 °C. Для интервала температур 1392...1539 °C α-железо нередко обозначают как δ-железо.

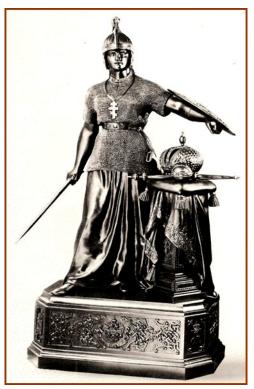


Рис. 2.24. Н. Лаврецкий. Россия. 1896

Кристаллическая решетка α -железа — объёмноцентрированный куб с периодом решетки 0,28606 нм. Кристаллическая решетка γ -железа — гранецентрированный куб с периодом 0,3645 нм при температуре 910 °C. При превращении $\alpha \to \gamma$ происходит сжатие с объемным эффектом примерно 1,0 %.

Углерод является неметаллическим элементом II периода IV группы Периодической системы, атомный номер 6, плотность 2,5 г/см³, температура плавления 3500 °C. Углерод полиморфен. В обычных условиях он находится в виде модификации графита, но может существовать и в виде метастабильной модификации алмаза.

Углерод растворим в железе в жидком и твердом состояниях, а также может быть в виде химического

соединения — цементита, а в высокоуглеродистых сплавах и в виде графита.

В системе Fe – С различают следующие фазы: жидкий сплав, твердые растворы – феррит и аустенит, а также цементит и графит.

Сплавы, содержащие до 2,14 % С, называют сталью, а более 2,14 % С чугуном. Принятое разграничение между сталью и чугуном совпадает с предельной растворимостью углерода В аустените. Стали затвердевания не содержат хрупкой структурной составляющей ледебурита и при высоком нагреве имеют только аустенитную структуру, Поэтому обладающую высокой пластичностью. стали легко деформируются при нормальных и повышенных температурах, T.e. являются в отличие от чугуна ковкими сплавами.

По сравнению со сталью чугуны обладают значительно лучшими литейными свойствами и, в частности, более низкими температурами плавления, имеют меньшую усадку. Это объясняется присутствием в структуре чугунов легкоплавкой эвтектики (ледебурита).

По содержанию углерода для сталей принята следующая классификация:

- ➤ сплавы, содержащие ≤ 0,02 % C, называют техническим железом;
- **>** стали, содержащие от 0,02 до 0,8 % C, называют доэвтектоидными;

- ▶ при содержании 0,8 % C стали эвтектоидные;
- ➤ стали, содержащие от 0,8 до 2,14 % C заэвтектоидные.

Соответственно для чугунов сплавы могут быть доэвтектическими (2.14-4.3%C), эвтектического состава (4.3%C) и заэвтектическими (4.3-6.67%C).

Сталь является многокомпонентным сплавом, содержащим углерод и ряд постоянных или неизбежных примесей Mn, Si, S, P, O, N, H и др., которые оказывают влияние на её свойства. Присутствие этих примесей объясняется трудностью удаления части из них при плавке (P, S), переходом их в сталь в процессе её раскисления (Mn, Si) или из шихты – легированного металлического лома $(Cr, Ni\ u\ dp.)$. Эти же примеси, но в больших количествах, присутствуют и в чугунах.

Легирующие элементы при введении в сталь могут образовывать с железом твердые растворы; легированный цементит или самостоятельные специальные карбиды; интерметаллические соединения. Основываясь на фазовом равновесии, легированную сталь подразделяют на классы: перлитный, ферритный, мартенситный, аустенитный и карбидный.

Более точным определением для чугуна является — сплав железа с углеродом > 2,14 % С, претерпевающий эвтектическое превращение. Присутствие эвтектики в структуре обуславливает его использование в качестве литейного сплава. Углерод в чугуне может находиться в виде цементита или графита или одновременно в виде цементита и графита. Цементит придает излому специфический светлый блеск. Поэтому чугун, в котором весь углерод находится в виде цементита, называют белым. Графит придает серый цвет, поэтому его называют серым чугуном. Чем больше пластинчатого графита в сером чугуне и чем крупнее его пластинки, тем ниже его механические свойства. Чугуны, в которых кроме эвтектики аустенит + графит наблюдается некоторое количество эвтектики аустенит + цементит, называются половинчатыми. Такие чугуны имеют повышенную твёрдость и плохую обрабатываемость.

Процесс выделения графита в чугуне обусловлен нестабильностью карбида Fe_3C при атмосферном давлении. Процесс называется графитизацией, а чугуны графитизированными. В зависимости от формы графита и условий его образования различают следующие группы чугунов: серый (с пластинчатым графитом), высокопрочный с шаровидным графитом и ковкий (графит хлопьевидный).

Серый чугун используется для производства металлургического и машиностроительного литья. Этот применяется же ЧУГУН В изготовлении художественном литье, при a также декоративных архитектурных деталей.

В литейных серых чугунах, которые используют для художественного литья, допускается повышенное содержание фосфора, попадая в чугун при доменной плавке, он повышает жидкотекучесть, тем

самым, улучшая литейные свойства, и соответственно заполняемость литейной формы. При этом, понижается прочность и чугун становится хладноломким, но это не существенно для художественного литья.

Повышенное содержание серы, способствует образованию в чугуне усадочных раковин и трещин в горячем состоянии, которое называется красноломкостью.

Серый чугун хорошо обрабатывается резанием. Его цвет после отделки меняется от тёплого тёмно-серого до чёрного с коричневатым оттенком, при этом он одинаково красив и на матовой и на гладкой блестящей поверхности. Чаще всего в машиностроении и архитектуре используются перлито-ферритные серые чугуны с твёрдостью $\leq 200~{\rm HB}.$ Плотность серых чугунов в зависимости от содержания элементов колеблется в пределах $7,0-7,5~{\rm T/m}^3,~{\rm a}$ температура плавления $1200-1300~{\rm °C}.$ Чугун имеет высокие антикоррозионные свойства.

В области прикладного искусства чугун и сталь продолжают использоваться достаточно широко благодаря своим физико-механическим свойствам и особенно высокой коррозионной стойкости. Чугун применяется для производства изделий экстерьерного характера: ваз и скульптур, парковых декоративных фигур, фонтанов, садовых оград, ворот, надгробных плит и решёток. Кроме того, благодаря своей достаточно высокой прочности и долговечности в условиях воздействия атмосферы его используют для изготовления полов, ступеней, ограждений, лестниц и др.

Обыкновенные стали в художественной промышленности применяют в качестве поделочного материала, например, декоративные решётки.

Широкое распространение в архитектуре и художественном литье получила нержавеющая сталь, которая имеет целый ряд положительных свойств. Она декоративна и долговечна.

| ХУДОЖЕСТВЕННОЕ И ЮВЕЛИРНОЕ ЛИТЬЕ |
|----------------------------------|
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| 110 |

ГЛАВА 3

ОСНОВЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ

В разделе рассмотрены основные физические и технологические характеристики благородных, цветных и черных металлов и сплавов. История развития использования каждого металла и сплава в литейном производстве. Приведены составы наиболее распространенных сплавов для художественного литья, описаны особенности технологии плавки в разных плавильных агрегатах. Формы нахождения металлов в природе, способы их получения из руд. Описание иллюстрировано примерами произведений искусства из сплавов золота, серебра, меди (латуни и бронзы), а также железо-углеродистых сплавов (чугуна, стали).

3.1. Материалы для формовки художественного литья

3.1.1. Гипс

Гипс в качестве строительного материала и материала используемого скульпторами применяется с давних времён. Вначале египтяне, а затем греческие и римские скульпторы широко использовали его при изготовлении художественных произведений. Скульптор Листрат был известен тем, что первым облепил гипсом лицо человека, и таким образом, изготовив форму, по восковой модели отлил бюст. Историки считают, что процесс художественного литья по выплавляемым моделям в Древнем Риме начался именно со снятия гипсовых масок с умерших, которые впоследствии использовались в качестве форм при производстве памятников. Скульптуры из гипса были широко распространены в Древнем Риме в I веке до н.э.

Скульпторы используют гипс в качестве переходного материала между произведением, выполненным в глине или пластилине и готовой скульптурой из стойкого и твёрдого материала. Также его применяют в качестве форм при литье различных керамических изделий, поскольку гипс хорошо отбирает влагу при заливке шликера. С целью

предотвращения сцепления гипсовой формы с изделием скульпторы используют различные виды смазок. Наиболее распространённой является смазка, состоящая из раствора стеарина в керосине. Многие мастера используют мыльную пену, зелёное мыло или предварительно промывают гипсовые формы поташем или кальцинированной содой. В частности широко используются смеси следующих составов:

- 20 массовых частей мыла, 10 частей растительного масла и 70 частей воды;
- ▶ 175 г керосина, 175 г растительного масла и 250 г стеарина (всё готовится на водяной бане).

Если гипсовые формы используют многократно, их поверхность покрывают шеллачным лаком (25 % шеллака и 75 % спирта-ректификата или денатурата). Лак этого состава используют для склеивания гипсовых деталей. Кроме того формы смачивают 3%-ным раствором кальцинированной соды или медным купоросом.

Иногда исходную модель сразу изготавливают из гипса, для этого его замешивают на клею или сильно разводят водой. После начала затвердевания его вновь разводят водой.

Гипс (*от греческого* – *мел, известь*) в природе встречается в виде двух модификаций: двугидрата ($CaSO_4$ х $2H_2O$) – двуводной соли и ангидрита – безводной соли ($CaSO_4$). Ангидрит встречается реже и часто совместно с двугидратом. Двуводный гипс является самым распространённым минералом и осадочной породой. Гипс содержит 79,05 % сернокислого кальция и 20,95 % кристаллизационной воды.

Лучшие сорта гипса похожи на мрамор и называются алебастрами, что не имеет отношения к штукатурному гипсу. В природном гипсе могут находиться примеси (necok, enula, keapy, yenekuenas useemb u dp.), в скульптурном гипсе их должно быть не более 2 %.

Формовочный гипс изготавливают из гипсового камня ($CaSO_4\ 2H_2O$), который обжигают при температуре 140-170 °C. В процессе обжига камень разлагается, теряя воду до полугидрата — $CaSO_4\ 0.5H_2O$, однако после замешивания с водой ($Heofxodumo\ 18.6\ \%\ om\ Maccы\ runca$) он опять переходит в двуводный.

На основе гипса разработан целый ряд способов получения точных отливок — «Антиох—процесс», «Зульцер—процесс», «Капако—процесс» и «Хонзель-пластермолд-процесс». Практически все способы применяют при производстве точных отливок из сплавов на основе алюминия, либо по постоянным формам, либо по выплавляемым моделям.

Промышленность производит гипсовые вяжущие вещества следующих видов: строительный, высокопрочный, высокообжиговый гипс, а также ангидридное вяжущее и формовочный гипс.

Строительный гипс — низкообжиговое вяжущее вещество ($CaSO_4$ х $0.5H_2O$), получаемое из природного гипса, которое перед употреблением размалывают в мельницах до высокой тонины и просеивают.

Высокопрочный гипс получают, обрабатывая гипсовый камень в котлах, паром под давлением в 2 атм. Отливки из высокопрочного гипса затвердевают только через семь суток, однако их прочность возрастает по сравнению со строительным гипсом в 6-8 раз.

Высокообжиговый гипс (э*стих-гипс*), обжигают при температуре 800 – 1000 °C. При этом он становится водостойким и после схватывании через 8 – 12 часов приобретает высокую прочность.

Формовочный гипс имеет более тонкую фракцию и повышенную прочность – 25 – 35 МПа.

Теоретическое содержание кристаллизационной (гидратной) воды в чистом гипсовом камне составляет 20,93 %, в полутвёрдом 6,2 % по весу. При нагревании гипсового камня происходит его обезвоживание (дегидратация) с образованием полугидрата CaSO₄ х 0,5 H₂O и капельножидкой воды. При низких температурах или недостаточной длительности нагревания полученное вяжущее может содержать большее или меньшее количество примесей неразложившегося двуводного гипса. Химическая реакция разложения двугидрата протекает теоретически при температуре 107 °C:

$$CaSO_4 \times 2H_2O = CaSO_4 \times 0.5H_2O + 1.5H_2O.$$

Высокопрочный гипс широко применяется для точного литья цветных сплавов в литейном производстве. Повышенная прочность автоклавного гипса для литья определяется тем, насколько тесно кристаллы двугидрата срослись в кристаллические группы и агрегаты. Большую роль при этом играют форма и размер кристаллов. Так, высокая прочность гипсов α -модификации определяется их спутано-волокнистой структурой. Кристаллы имеют плотную упаковку, гладкий рельеф поверхности с незначительным количеством пор и капилляров. Этими свойствами и объясняется пониженное водопоглощение (в среднем 35-45%) α -модификации полуводного гипса при одинаковой с β -модификацией пластичности. Вторая существенная причина увеличения

прочности вяжущего, полученного обработкой под давлением 1,2-1,3 атм. объясняется тем, что гладкий рельеф поверхности α -полугидрата обеспечивает большую полноту его перехода в двуводный гипс, тогда как мелкие кристаллы с сильно развитой удельной поверхностью β -полуводного сульфата кальция частично экранируют зерно вяжущего и создают пространственные затруднения его максимально полному превращению в двугидрат.

Недостатком α — полуводного гипса является его большое объёмное расширение — 0,3 %, что может быть устранено путём введения различных присадок.

Указанные выше различия в строении $\alpha - \mu \beta -$ полугидратов определяют и различие физико-механических свойств строительного и высокопрочного гипсов.

В высокопрочный гипс добавляется 35-45 % (*по весу*) воды для придания ему необходимой литейной консистенции, в строительный гипс -60-70 %. При этом объёмное расширение первого вяжущего составляет 0.2-0.3 %, второго -0.10-0.15 %, предел прочности при сжатии образцов, высушенных при 60 °C до постоянного веса, 25-40 МПа и 10-12 МПа соответственно.

Сроки схватывания вяжущих для высокопрочного гипса – начало схватывания при добавлении воды через 3 – 4 мин, конец – через 8 – 9 мин. Для строительного гипса – начало схватывания через 6 – 10 мин, конец 10 – 25 мин. Прочность гипса увеличивается постепенно при превращении полугидрата двугидрат, нарастание eë заканчивается кристаллообразования, примерно через сутки после смешивания гипса с водой. Поэтому гипсовые формы нельзя сразу после затвердевания сушить или прокаливать, чтобы не уменьшить их прочность. Прочность гипса достигает максимума при высушивании его до постоянного веса, или до воздушно-сухого состояния. С целью ускорения нарастания прочности рекомендуется формы или модели из гипса подвергать сушке при температуре не выше 50 - 60 °C, т.е. в условиях, не допускающих обратной дегидратации.

При использовании высокопрочного гипса для изготовления художественных произведений, на протяжении многих лет, создавались различные модификации. Пример — цемент Кина, который готовили из гипсового камня, пропитанного квасцами и обожжённого два раза. При втором обжиге гипсовый камень доводился до красного каления. Затворялся указанный цемент также на растворе квасцов.

Упрочнённый гипс — париантцемент, изготавливался по аналогии с цементом Кина, только вместо квасцов использовали раствор буры.

Гипс Скальола, представлял собой смесь обожжённого гипса с необожжённым. Его изготавливали на клеевой воде.

Наиболее известным является высокопрочный гипс *«ЛОР»*, который был разработан лабораторией отделочных работ Академии архитектуры СССР. Этот гипс получали путём предварительного замачивания гипсового камня в 10 %-ном растворе алюмокалиевых квасцов, последующей сушке и обжиге при температуре 550-575 °C. Небольшое количество карбоната кальция в гипсе при обжиге превращается в СаО. Такой гипс медленно схватывается и отличается большей белизной. Специалисты отмечают, что отлитая скульптура из высокопрочного гипса без введения в него пигмента напоминает фарфоровую или мраморную. При введении пигментов (например, литоль шарлах -3,27 %, ганза жёлтая -1,5 % и пигмент зелёный *«Б»* -0,85 %) по виду, плотности материала и по звуку, который она издаёт при ударе, скульптура напоминает терракоту.

Формовочный гипс отличается от строительного тониной помола и прочностью. Объёмная масса разрыхлённого гипса составляет 80-110 МПа, а уплотнённого 125-145 МПа. Свойства гипса характеризуются прочностью, тониной помола и сроками схватывания. Гипс подразделяется на три сорта, по показателю прочности на сжатие кубика размером $70.7 \times 70.7 \times 70.7$ мм и испытанию через 1.5 ч после изготовления. Прочность 1-го сорта должна быть не менее 5.5 МПа, 2-го сорта -4.5 МПа и 3-го сорта -3.5 МПа.

При замешивании, избыток воды понижает прочность, так как, при её испарении в гипсе образуются поры. Для формовочного гипса важным моментом является время схватывания, оно должно начинаться не ранее 4 мин, от момента смешивания с водой, а полное схватывание — не ранее 6 мин, но не позднее 30 мин.

При повышении температуры воды до 40-45 °C процесс схватывания ускоряется, а при более высокой температуре, наоборот, замедляется. При температуре 90-100 °C схватывание и твердение гипса вообще прекращается. С целью регулирования процесса схватывания на практике применяют различные ингибиторы или катализаторы. В качестве ингибиторов применяют 5-10 % раствор столярного клея, 2-3 % раствор буры, 5-6 % раствор сахара, глицерин в виде 3-4 % водной эмульсии и 3 % раствор этилового спирта. Однако все ингибиторы понижают прочность гипса. В качестве катализаторов применяют 3-4 % раствор поваренной соли (NaCl), сульфат натрия (Na_2SO_4) , селитру (KNO_3) , сернокислый калий (K_2SO_4) .

Ниже приведены несколько способов для повышения водостойкости и прочности гипса, которые успешно применяются:

- ▶ полуводный гипс растворяется водой, содержащей 4 8 весовых частей клея и 0,4 0,5 части цинкового купороса на 100 весовых частей гипса;
- после высушивания гипсовую форму покрывают раствором гидрата окиси бария, образующего нерастворимые в воде сернокислый барий

- и окись кальция, которые превращаются через определённое время в карбонат кальция, увеличивающий водостойкость гипса;
- для увеличения влагостойкости форм, при замешивании гипса добавляют на 100 частей воды две части желатина и одну часть квасцов;
- упрочняют гипс, добавлением при замешивании до 50 % кремневой кислоты, после чего форму сушат при температуре 60 80 °C и пропитывают раствором хлористого бария;
- гипсовую форму пропитывают горячим насыщенным раствором буры, сушат, и затем пропитывают вновь. После сушки дважды пропитывают горячим раствором хлористого бария, затем форму покрывают горячим раствором мыла и моют для удаления растворимых солей;
- ▶ форму обезвоживают при температуре 125 °С и погружают в горячий раствор едкого бария; для увеличения влагостойкости дополнительно обрабатывают раствором щавелевой кислоты;
- \triangleright гипсовый камень тонкого помола загружают в кипящий водный раствор хлористого кальция на 1-2 часа, после чего его отделяют от раствора, промывают водой и сушат (*прочность возрастает до 6 МПа*).

Замешивание гипса

Соотношение частей гипса и воды при изготовлении раствора зависит от качества гипса и назначения раствора. В практике используют соотношение: 70 частей воды к 100 частям гипса (по весу). Однако, если гипс измельчён после обжига, то требуется меньшее количество воды, и кроме того, чем тоньше помол гипса, тем меньше требуется воды при замешивании. В то же время с меньшим количеством воды нельзя получить раствор в виде льющейся, хорошо заполняющей форму массы. Масса неравномерно схватывается, недостаточно прочна и неравномерно пориста. Затвердевший гипс мягче, пористее и ноздреватее.

Малые количества гипса замешивают в так называемых гипсовках – небольших резиновых чашках имеющих толстые стенки. Гибкая резина позволяет легко очищать стенки от остатков гипса.

Большие количества гипса следует готовить в металлической эмалированной посуде или в деревянных вёдрах. После каждого замеса вся посуда должна тщательно очищаться от остатков гипса.

При замачивании, первым компонентом является вода, которая после отмеривания, наливается в посуду, и в неё высыпают гипс. Гипс насыпают равномерно по всей поверхности воды до тех пор, пока на ней не образуются островки гипса не поглощаемые водой. Дают гипсу спокойно (в течение 0.5-1.0 мин) напитаться водой, затем его 1.0-1.5 мин энергично размешивают медной лопаткой, пока не образуется однородный

раствор густых Перемешивание консистенции сливок. должно продолжаться достаточное время для более полного удаления воздуха. В настоящее время для перемешивания можно использовать электродрель со специальной лопастной насадкой, которая позволяет интенсифицировать процесс. На практике такие насадки называются «мутовками». Однако всегда необходимо помнить, что продолжительность перемешивания времени, так как может начаться процесс также ограничена во схватывания и отлив будет слабым, произойдёт «омолаживание» гипса. После заливки хорошо льющегося раствора, он начинает густеть -*«начинает садиться»*, и затвердевает.

В процессе замешивания нежелательно добавлять воду или гипс, это способствует образованию комков.

Отливки после схватывания не имеют высокой прочности, так как содержат излишнюю влагу, поэтому их необходимо сушить. Условием нормального удаления излишней влаги является гарантирование неразлагаемости схватившегося гипса. В противном случае из твёрдого он может превратиться в мягкий гипс. Формовщики говорят, что такой гипс *«сгорел»*.

Таким образом, для получения прочного обожженного схватившегося гипса необходимы:

- ▶ различия в обжиге чем выше обожжён гипс, тем выше прочность;
- ▶ различия в помоле чем выше тонкость помола, тем выше скорость схватывания, особенно если помол выполнен после обжига;
- ▶ количество воды, взятой для замешивания чем меньше взято воды, тем твёрже изделие;
- ▶ большая или меньшая продолжительность схватывания чем медленнее происходит схватывание, при достаточном количестве воды, тем более крупными будут кристаллы двуводного гипса. Чем крупнее кристаллы, тем твёрже гипс в изделии.

В условиях повышенной влажности, затвердевший гипс постепенно разрушается.

При испытании гипса на разрыв, учитывают, что крепость гипса должна быть через 1 день -0.7 МПа, через 7 дней -1.4 МПа, через 28 дней -1.8 МПа.

Непременным условием литья гипса является обязательность сушки после схватывания и запрет хранения изделия в сыром помещении.

Гипс для скульптурно-формовочных работ

Основными достоинствами правильно замешанного гипса являются: способность плавно переходить из жидкого в сгущённое состояние; достаточная продолжительность его текучести и пластичности.

Текучим состоянием гипса считается период времени от его засыпания в воду, до того как специально образованные на его поверхности отверстия и углубления, заплывают, не оставляя следа.

Пластичностью гипса называется состояние, когда после потери текучести его можно формовать и выравнивать поверхность с помощью инструментов.

После замеса с водой при комнатной температуре, гипс в состоянии густых сливок, должен сохранять свою текучесть, постепенно сгущаясь в течение 2,0-2,5 мин, не менее и не более, после чего он сохраняет в течение 6-8 мин пластичность и в дальнейшем затвердевает постепенно. При замешивании в тёплой воде гипс затвердевает быстрее, чем в холодной.

Обычно время полного затвердевания гипса до извлечения изделия из формы составляет не более 20 минут. Несколько большее время затвердевания не является недостатком, но сырой гипс понижает стойкость любых форм. Твёрдость гипса считается хорошей, если через 20 минут на его поверхности не остаются следы от надавливания пальцем.

Гипс при схватывании расширяется примерно на 1 %, что для скульпторов является положительным свойством, так как хорошо выполняется рельеф поверхности. Однако на практике, при нанесении поочерёдно нескольких слоёв гипса, когда одни слои схватываются, а другие расширяются, на поверхности изделий могут появиться трещины и коробление.

Причинами коробления являются:

- несовпадение по времени моментов схватывания и расширения различных слоёв гипса;
- неправильная дозировка гипса и воды в замесах;
- различный коэффициент расширения гипса в процессе роста температуры при схватывании и температуры металлической арматуры, которой укрепляют отливки или формы;
- > слишком быстрая и неравномерная сушка готовых изделий;
- несоблюдение технологии подготовки материала, когда часть материала имеет пережог или недожог.

В практике можно избежать коробления при использовании известковой воды во время замеса. Но её использование ограничено при отливке черновых форм, поверхность которых покрыта щелоком, т.к. при этом образуется гидрат окиси кальция, разрушающий поверхность отливок. Также нельзя использовать известковую воду в клеевых формах. Другой способ решить указанную проблему — это использовать известное свойство гипса уменьшать свою усадку при увеличении количества воды при замесе. В практике скульпторы по мере роста количества слоёв наносимых на форму, увеличивают количество воды для каждого последующего замеса.

Основными дефектами гипса являются:

- ▶ если гипс недостаточно обожжён, он вначале быстро схватывается, а затем становится мягким и долго остаётся сырым, после сушки он неравномерно уменьшается в объёме и трещит;
- ▶ если гипс сильно обожжён, он схватывается и твердеет медленно, но затем приобретает высокую твёрдость;
- ▶ гипс не должен через некоторое время (несколько дней) терять твёрдость ниже, чем она была через 20 — 25 минут после схватывания;
- **>** гипс, который после замешивания долго остаётся пластичным, а затем быстро твердеет, не пригоден для работы.

Особенности заливки гипсом плоских форм

При выполнении формовки оригинала небольшого размера, гипс наносят лопаткой, если размеры велики, и гипса много его наносят руками. Кроме того гипс можно наносить *«окатыванием»* модели, таким образом, чтобы он хорошо заполнил рельеф. Эту операцию выполняют пока гипс ещё *«не сел»* и до тех пор, пока не будет достигнута необходимая толщина слоя. Если заливаемые предметы располагаются по горизонтали, то выполнять их заливку удобно, а если модели располагаются в вертикальной плоскости, гипс наносится или набрасывается руками. Эта операция требует определённого опыта и выполняется разжатой кистью руки.

При нанесении последующих слоёв возникают трудности с их прилипанием к гладкой поверхности первого слоя, поэтому его поверхность пока она ещё пластична, делают неровной – бугристой. Если это выполнить невозможно, то слой наносят на незатвердевший первый слой, притирая новый кистью.

Обычно, когда требуется нанести нужную толщину гипса за одну разводку, то его наносят равномерно по всей поверхности. Затем, когда гипс уже немного *«сел»* по краю формы или поверхности накладывают рамку *(утолщение)* из гипса, определяя, таким образом, требуемую толщину. После этого гипс наносят равномерно по всей поверхности, начиная с одного края.

Соединение гипсовых частей

Гипсовые части между собой соединяют также посредством гипса. Для этого гладкую поверхность обеих частей, с помощью ножа делают неровной. Надрезы делают с поднутрением, т.е. немного в бок, с тем, чтобы склеиваемые поверхности имели лучшее сцепление между собой. Затем кистью сметаются все образовавшиеся после надрезов крошки, и поверхность склеивания обильно смачивают водой. Если на поверхности модели останется пыль, она будет препятствовать сцеплению. На

подготовленную поверхность накладывают или наливают уже разведённый гипс, и, приложив приклеиваемую часть, с усилием прижимают, выдавливая излишки гипса, который удаляют.

Смачивать склеиваемые части необходимо обильно, так как вода впитывается гипсом мгновенно из наложенного клеящего гипса, который при этом превращается в рыхлую песчанистую массу, лишенную пластичности и клеящих свойств. После чего приложенная часть не выдавливает излишки гипса, не давая частям плотно сойтись, и они через несколько минут отстают друг от друга.

При склеивании сухих или сыроватых предметов большого размера смачивать их обильно водой затруднительно, поэтому пользуются сваренным на воде крахмалом. Для этого склеиваемую поверхность за несколько минут покрывают тонким слоем крахмала, наносят гипс и сжимают поверхности. Этого времени вполне достаточно, чтобы поверхности не впитали в себя воду из промежуточного гипса, в то же время крахмал свободно растворился сырым гипсом и не препятствовал соединению частей.

Вместо крахмала, можно использовать покрытие поверхности спиртовым лаком. Хотя этот способ более простой, его недостатком является видимая жёлтая полоса по разъёму склейки. Также непременным условием является использование для склейки более жидкого гипса.

Замазка углублений и неровностей

Замазка неровностей, раковин или добавка недостающих частей также производится гипсом. Его замешивают более жидким, и начинают использовать после того, когда он *«сел»*. При этом вода из такого гипса, местом которое заделывается, впитывается не так быстро, в то же время лишённый воды жидкозамешанный гипс, становится гуще, твёрже и имеет тёмный цвет. Кроме того, при зачистке, окружающая поверхность лучше обрабатывается инструментом, чем место, которое было замазано, оно всегда ниже и темнее.

Хранение гипса

После обжига гипс быстро поглощает влагу из атмосферы. При этом уменьшается количество необходимой влаги для замеса, происходит постепенное превращение полугидратного гипса в двугидратный, в результате чего он становиться малоактивным. Особенно опасна влажность для гипса имеющего значительное количество растворимого ангидрита, который особенно сильно впитывает влагу.

Хранят гипс в сухих помещениях в деревянной таре при стабильной температуре и влажности. Опасно переносить гипс из холодного помещения в тёплое. Срок хранения гипса, как и других строительных вяжущих материалов, составляет три месяца (предельный срок). Даже при

соблюдении всех условий хранения гипс через три месяца теряет активность в среднем на 30-50 %.

В Украине гипсовый (*алебастровый*) камень встречается в Донецкой и Днепропетровской областях.

3.1.2. Известь

Известковый камень распространён в Украине, если его раскалить добела, а затем остудить он становится негашеной известью. Камень негашеной извести бурно поглощает воду и нагревает её до кипения. При этом сами камни рассыпаются, образуя кашеобразную массу — известковое тесто, называемое гашёной известью. Если на камень налить немного воды, он шипит, нагревается и рассыпается в порошок, образуя «пушонку».

Сильно разведённая в воде известь называется известковым молоком, и в таком виде используется при формовке.

Большое количество извести гасят в специальных ёмкостях, а малое в деревянных кадках или плотных деревянных ящиках. Для этого известь кладут на 1/3 высоты посуды и на 2/3 заливают водой выше извести. После гашения известь в 2-3 раза увеличивается в объёме и остывает в течение нескольких дней.

Известковое тесто на воздухе твердеет и растрескивается. Для предотвращения образования трещин его смешивают с просеянным песком, после чего оно называется известковым раствором. Этот раствор используется при строительстве различных сооружений и при изготовлении декоративных каменных скульптур. Если к известковому раствору добавляют алебастр, то получают материал для штукатурнонамазных скульптур.

В прошлом веке для каменных и штукатурно-намазных скульптур применяли серую известь. В настоящее время лучшей считается белая известь, которую называют угловкой. При использовании извести для скульптурных работ её просеивают.

Хранят известь в сухом помещении, так как на воздухе она теряет способность твердеть, особенно быстро портится пушонка.

3.1.3. Цемент

Смешивание известняка (*или мела*) с глиной в пропорции 3:1, затем тонкий размол и обжиг смеси при температуре 1450-1500 °C, приводит к образованию материала, который называют клинкером. Готовый клинкер после охлаждения и вылёживания, измельчают на специальных шаровых мельницах, добавляя в процессе помола 2-3 % природного гипсового камня. Полученный порошкообразный продукт называют портландцементом.

Портландцемент при взаимодействии с водой твердеет, не только на воздухе, но и в воде. Распространены два типа цементов – портландский и

шлаковый. Шлаковый получают добавлением к цементному клинкеру до 75 % доменных гранулированных шлаков.

Цвет портландского цемента зависит от химического состава сырья и вида применяемого топлива. Чем меньше в топливе железистых соединений, тем он светлее. Обычно цемент имеет зеленовато-тёмносерый или серый цвет.

Для скульптур используют портландский цемент, который начинает схватываться через час. С целью получения пластичной массы цемент смешивают с различными добавками — речным песком, белым песком, мрамором, известковой и гранитной крошкой, железными опилками и т.д. Соотношение цемента и добавок: 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6 и 1 : 7, чем большее количество инертных добавок введено в раствор, тем ниже прочность на разрыв и на сжатие. После смешивания добавок с цементом в него добавляют воду, раствор постепенно затвердевает, превращаясь в бетон.

Для скульптурных работ применяют белый и цветные цементы.

3.1.4. Клеевая масса

По старым рецептам клеевая масса для форм изготавливалась варением из столярного клея и желатина, с добавлением воды или смеси воды и 50 – 60 % глицерина (*от массы сухого клея*). Масса после варки должна быть тягучей, а после заливки в форму – эластичной, без разрывов и трещин при растягивании, и должна напоминать резину.

Стандартным является технический желатин в виде прозрачных плиток светло-коричневого или тёмно-коричневого цвета. Кроме того, можно использовать пищевой желатин.

Приготовление начинают с замачивания желатина водой. Тонкие лепестки выдерживают в течение 20 минут, при этом количество впитанной воды достигает 83 % от массы сухого клея. Пищевой желатин, замоченный в течении 15 - 20 мин, поглощает 128 - 130 % воды. Дробленый желатин только после заливки и сливе воды впитывает от 105 до 110 %. Поэтому нет необходимости долго замачивать желатин водой, так как пересыщенный влагой он теряет способность ломаться. Также пересыщение водой понижает плотность желатина, ОН легко деформируется, плохо передаёт отпечаток модели и даже может плавиться, под воздействием тепла схватывающегося гипса.

После извлечения клея из воды, ему дают стечь и 30 – 40 мин желатин выдерживают для равномерного распределения в нем воды, после чего варка происходит быстрее. Сосуд для варки – эмалированный или другой, предварительно смазывают, чтобы клей легко удалялся из него. Затем его вкладывают в сосуд большего размера (30 - 50 мм между стенками), в промежуток наливают воду и ставят на огонь. Варка клея при энергичном помешивании занимает от 1 до 1,5 ч. Затем его остужают до

необходимой температуры. Непременным условием получения хорошего клея является температура не выше 80 °C и отсутствие кипа, так как клей может получиться пузырчатый.

Остывший клей заливают в форму ровной струёй, без прерывания. Если в процессе заливки на поверхности появляется плёнка, то её удаляют. Заливают клей через специальную воронку, внутреннюю поверхность которой смазывают. После заливки клей выдерживают до полного схватывания (до 8 часов).

После окончания схватывания клея, снимают кожух формы. Внутреннюю поверхность формы «продубливают» насыщенным раствором квасцов. Часто смазка поверхности модели переходит на клеевую форму, делая её жирной, для удаления жира поверхность посыпают тальком, который удаляют кистью. Затем поверхность промывают квасцами, и после высыхания приступают к отливке.

При заливке гипса в клеевую форму очень часто вода из несхватившегося гипса переходит в клей. Клей при этом разбухает и может образовывать на поверхности гипсовой модели вмятины. Гипс в этих местах становится рыхлым и пористым. После получения нескольких отливок форму припудривают и промывают вновь. Следует помнить, что новая клеевая форма должна использоваться сразу, так как с течением времени вода из клея испаряется (особенно летом) и форма теряет размеры, становится твёрдой, а отливки ломкими. Вышедшие из строя клеевые формы разрезают на мелкие кусочки, плавят в воде и используют вновь.

При использовании клеевой массы с 50 % глицерина удаётся улучшить свойства формы. Она не высыхает в течение длительного времени, обладает меньшей клейкостью, не пристаёт к модели и требует меньше ухода. Недостатком является некоторое разбухание формы. Обычно глицерин добавляют к клею в начале варки в количестве 50 – 60 % от сухой массы.

3.2. Инструменты и приспособления, используемые при формовке художественного литья

3.2.1. Инструмент литейный формовочный отделочный

ИГЛА ВЕНТИЛЯЦИОННАЯ ФОРМОВОЧНАЯ – короткая вентиляционная игла применяется для изготовления вентиляционных каналов мелких и средних литейных форм и стержней (рис. 3.1, a).

РИФЕЛИ ДЛЯ ЗАЧИСТКИ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ (рис. 3.1, б).

ОПРАВКА ДЛЯ СТОЯКОВ ОТДЕЛОЧНАЯ – применяется для отделки песчаных литейных форм и стержней (*puc. 3.1*, в).

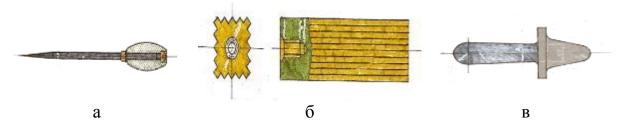


Рис. 3.1. Инструмент формовочный:

а - игла вентиляционная формовочная; б - рифели для зачистки литейных стержней; в - оправка для стояков отделочная.

КРЮЧОК С ПЯТКОЙ И ЛАНЦЕТОМ ОТДЕЛОЧНЫЙ (рис. 3.2, a), КРЮЧОК С ПЯТКОЙ (рис. 3.2, δ), КРЮЧОК ПРЯМОЙ ОТДЕЛОЧНЫЙ (рис. 3.2, δ) – применяются для отделки песчаных форм и стержней.



Рис. 3.2. Инструмент формовочный:

а - крючок с пяткой и ланцетом отделочный; б - крючок с пяткой; в - крючок прямой отделочный.

ЛОЖЕЧКА С ЛАНЦЕТОМ ОТДЕЛОЧНАЯ (рис. 3.3, а), ЛАНЦЕТ ОТДЕЛОЧНЫЙ (рис. 3.3, б), ЛОЖЕЧКА С ГЛАДИЛКОЙ ОТДЕЛОЧНАЯ (рис. 3.3, в), ПОЛОЗКИ ФИГУРНЫЙ И ПРЯМОЙ ОТДЕЛОЧНЫЕ (рис. 3.3, ε) — применяются для отделки песчаных литейных форм и стержней.

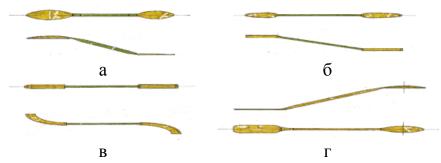


Рис. 3.3. Инструмент формовочный:

а - ложечка с ланцетом отделочная; б - ланцет отделочный; в - ложечка с гладилкой отделочная; г - полозки фигурный и прямой отделочные. Также для отделки песчаных литейных форм и стержней применяются: ГЛАДИЛКА ЗАОСТРЁННАЯ ОТДЕЛОЧНАЯ (рис. 3.4, а), ГЛАДИЛКА УЗКОНОСАЯ ОТДЕЛОЧНАЯ (рис. 3.4, б), ГЛАДИЛКА ОТДЕЛОЧНАЯ ДЛЯ КРУПНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ, ГЛАДИЛКА ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ОТДЕЛОЧНАЯ (рис. 3.4, в).



Рис. 3.4. Инструмент формовочный:

а - гладилка заострённая отделочная;б - гладилка узконосая отделочная;в - гладилка прямоугольная отделочная.

БАШМАК С РЕЗИНОВЫМ НАКОНЕЧНИКОМ ФОРМОВОЧНЫМ (рис. 3.5, a), БАШМАК КРУГЛЫЙ ФОРМОВОЧНЫЙ (рис. 3.5, б) — применяются в пневматических трамбовках для изготовления песчаных литейных форм и стержней ручным способом.

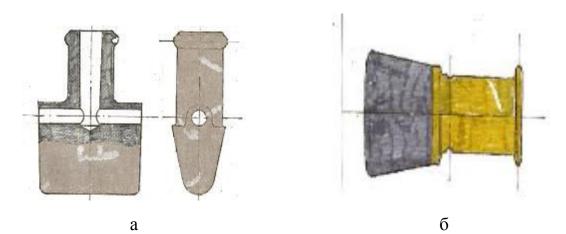


Рис. 3.5. Инструмент формовочный: а - башмак с резиновым наконечником формовочным;

б - башмак круглый формовочный.

НАБОЙКА И СОВМЕЩЁННЫЕ ТРАМБОВКА РЕЗИНОВЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ НАБОЙКА ТРАМБОВКА (puc. 3.6. *a*). И СОВМЕЩЁННАЯ **ФОРМОВОЧНАЯ** (puc. 3.6, δ), ТРАМБОВКА ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ФОРМОВОЧНАЯ (рис. 3.6, в) – применяются для изготовления мелких песчаных литейных форм и стержней ручным способом.

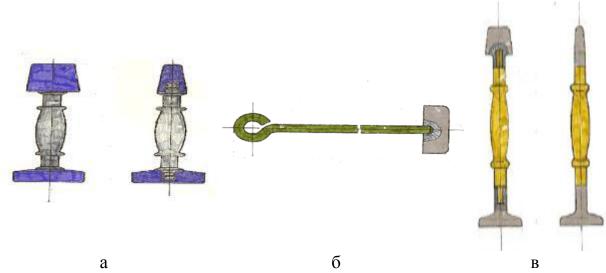


Рис. 3.6. Инструмент формовочный:

а - набойка и трамбовка резиновые совмещённые формовочные; б - набойка и трамбовка совмещённая формовочная; в - трамбовка прямоугольная формовочная.

3.2.2. Каркасы для скульптурных работ

При выполнении скульптурных работ, гипсовые формы необходимо укреплять для прочности проволочными каркасами.

Укладывают проволочные каркасы:

- ▶ в ноги статуэток, если они являются опорой верхней части; в руки, пальцы, если они отделены друг от друга; в уши и рога, если статуэтки являются изображениями животных, и т.д., кроме того армируются все места которые не слиты с общей массой изделия;
- **>** в модели, которые не имеют выступающих частей, но состоят из различных по массе и размерам фрагментов, с целью придания им более высокой прочности в местах перехода;
- **>** в протяжённые по размерам рельефы и протяжённые модели;
- > в художественные предметы, не имеющие большой толщины;
- **>** в раковины и кожухи при изготовлении черновых кусковых и клеевых форм.

Основным условием установки каркаса является установка его по центру толщины изделия и изогнутому в соответствии с кривизной модели. Если каркас установлен близко к поверхности, прочность отливки будет невысокой.

Обычно для каркасов используют медную или оцинкованную стальную проволоку. Можно применять проволоку из мягкого железа, но она должна быть окрашена, и иметь шероховатую поверхность. К гладкой поверхности плохо пристаёт гипс. Окраска проволоки необходима из-за того, что она в контакте с влажным гипсом быстро ржавеет, и пятна

ржавчины проявляются на поверхности формы или модели. Кроме того, гипс вокруг ржавой проволоки делается мягким и рыхлым.

Для небольших статуэток и форм высотой до 40 см толщина проволоки составляет 5-6 мм. Чем тоньше детали, тем тоньше должна быть проволока, однако если фигура или скульптура имеют одну опору (фигура на одной ноге), то проволока в опоре должна быть толстой. Если опора слабая, то фигура раскачивается, и гипс в этом месте разрушается.

Более толстые каркасы, также следует укладывать в длинные и узкие формы. Если тонкие каркасы укладывать в черновые формы, то во время *«расколотки»*, под тяжестью гипса и ударов они расшатываются и осыпаются. В пальцах рук больших статуй толщина проволоки также составляет $5-6\,\mathrm{mm}$.

Проволока, которую используют для каркасов, не должна ломаться при сгибании, поэтому проволоку толще 6 мм отжигают.

3.3. Технологический процесс ручной формовки

Технологический процесс изготовления отливок начинается с формовки. Обычно ручная формовка производится в парных опоках различного размера и конфигурации. Для выполнения работ необходимо подготовить формовочную смесь, которая в зависимости от сложности отливки и типа сплава подразделяется на облицовочную (непосредственно соприкасается с отливкой) и наполнительную (заполняет остальное пространство в опоке). Формовочная смесь после наполнения опоки уплотняется специальным инструментом таким образом, чтобы было достигнуто её равномерное уплотнение по всему объёму. Если уплотнение выполнено неравномерно, то форма может изменять свои размеры при статическом, динамическом и химико-термическом воздействии жидкого требованиями Форма, изготовленная соответствии В металла. технологического процесса, позволяет получить качественную отливку с высокими физико-механическими свойствами.

Последовательность выполнения технологического процесса формовки рассмотрим на примере отливки *«звездочка»*. Модель отливки состоит из двух симметричных половинок, на обеих частях имеются знаки для установки стержня оформляющего отверстие. Формовка выполняется в двух опоках по деревянной модели.

Процесс формовки начинается с укладки на подмодельную плиту нижней половины модели. Одновременно на плиту укладывается модель питателя (*питика*) в месте подвода металла к отливке (*puc. 3.7, a*). На подмодельную плиту устанавливается ладом вниз пустая опока низа.

Поверхность модели и будущий разъём формы припыливают разделительным противопригарным материалом, равномерно распределяя

его по всей поверхности (*puc. 3.7, б*). Следующей операцией является нанесение облицовочного слоя смеси на поверхность модели, который будет непосредственно контактировать с жидким металлом при заливке и охлаждении (*puc. 3.7, в*). Обычно для отливок ответственного назначения используют свежие формовочные материалы и смеси. Для простых отливок чаще всего применяют единые смеси, которые перед подачей в опоку просеивают через сито с целью удаления посторонних предметов и получения тонко разрыхлённой структуры. Так как облицовочная смесь непосредственно оформляет полость литейной формы, то процесс её нанесения на модель является ответственной операцией.

После нанесения облицовочного слоя смеси на модель в опоку подают наполнительную смесь (рис. 3.7, ε), которая подаётся в опоку слоями, каждый из которых уплотняют трамбовкой, имеющей узкий и плоский конец. Для достижения хорошего уплотнения формы по всему объёму, вначале узким концом трамбовки уплотняют её по периферии (рис. 3.7, δ), а затем последовательно переходят к центру опоки. Так уплотняют всю форму до её контрлада, а затем насыпают излишек смеси и производят окончательное уплотнение плоским концом трамбовки (рис. 3.7, ε). Уплотнение смеси должно производиться равномерно без переуплотнения, так как её слишком высокая плотность может привести к потере газопроницаемости и образованию в отливке газовых раковин и трещин.

Излишек смеси по контрладу формы убирают с помощью специальной линейки ($puc.\ 3.7,\ mc$), которая позволяет выровнять уровень смеси по верхнему краю опоки. После чего поверхность формы заглаживают гладилкой и накалывают иглой вентиляционные каналы ($puc.\ 3.7,\ 3$). Вентиляционные каналы прокалывают над моделью на некотором расстоянии от неё. Эта операция является заключительной при изготовлении полуформы низа.

Затем готовая полуформа поворачивается на 180° и устанавливается на подмодельную плиту моделью вверх. Плотность набивки формы контролируют твердомером, после чего переходят к формовке верха. Для этого вначале гладилкой выравнивают поверхность нижней формы и на модель низа устанавливают верхнюю половину модели (рис. 3.20, а). Поверхность формы присыпают сухим кварцевым песком для обеспечения будущего разъёма и на опоку низа устанавливают по штырям опоку верха. При необходимости излишек кварцевого песка сдувают с помощью воздушного сопла. Поверхность модели присыпают графитом или специальной пудрой (рис. 3.8, б), а на модель питателя расположенного в нижней опоке устанавливают модель шлакоуловителя стояка литниковых каналов подводящих жидкий металл отливке.

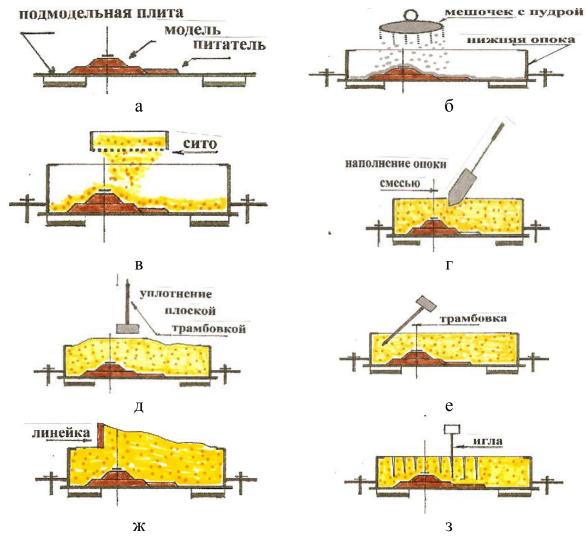


Рис. 3.7. Процесс формовки

Через плоское сито на поверхность модели наносят облицовочный слой формовочного состава ($puc.\ 3.8,\ e$), руками обминают его вокруг модели и литников. Затем в опоку верха насыпают наполнительную смесь и с помощью трамбовки, послойно её уплотняют. Эту операцию выполняют аналогично уплотнению низа, набивая вначале узким, а затем и плоским концом ($puc.\ 3.8,\ e$), e). После уплотнения излишек смеси удаляют линейкой ($puc.\ 3.8,\ e$), выравнивая поверхность по краю опоки с помощью гладилки. С помощью иглы накалывают вентиляционные каналы, прорезают литниковую воронку вокруг стояка, и расталкивая извлекают стояк из верхней полуформы. Затем опоки распаровывают (pashumaem), твердомером проверяют плотность набивки и производят извлечение половинок модели низа и верха из полуформ ($puc.\ 3.8,\ 3$).

После распаровывания опок, разъём формы не подлежит отделке, так как любые операции на поверхности приведут к неплотному соединению после сборки формы и вытечке металла по разъёму при заливке.

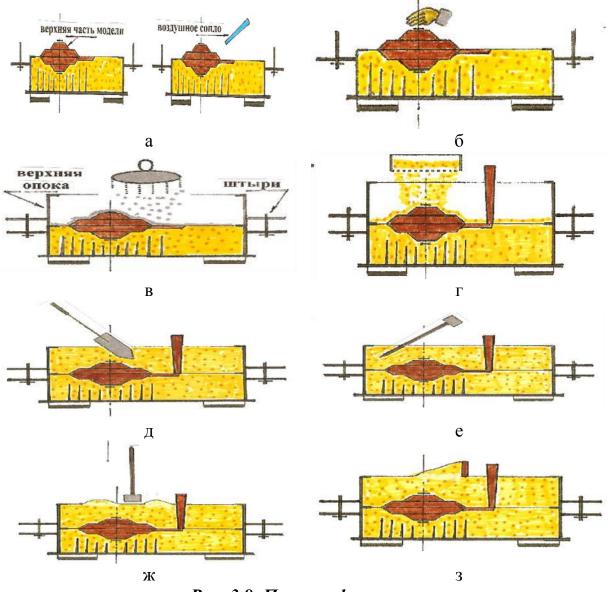


Рис. 3.8. Процесс формовки

При извлечении половинок моделей из уплотнённой формы, формовочную смесь вдоль кромки смачивают водой для увеличения прочности и предотвращения подрыва, выполняя эту операцию с помощью пеньковой кисти. Половинки модели извлекают из формы с помощью специальных завинчивающихся подъёмов. При извлечении моделей их осторожно расталкивают ударами молотка по подъёму. Одновремённо извлекают и элементы литниковой системы ($puc.\ 3.9,\ a,\ \delta$). Готовые полуформы осматривают, при необходимости устраняют повреждения и устанавливают в нижнюю опоку стержень ($puc.\ 3.9,\ a$). В нижней полуформе гладилкой по контуру проводят контрольную риску, которая обеспечивает плотность прилегания опок, и производят по штырям сборку формы. Собранная форма устанавливается на постель из формовочной смеси и нагружается грузом ($puc.\ 3.9,\ a$). Груз укладывается на поверхность

формы для предотвращения подъёма верхней полуформы при заливке жидким металлом. Форма готова под заливку.

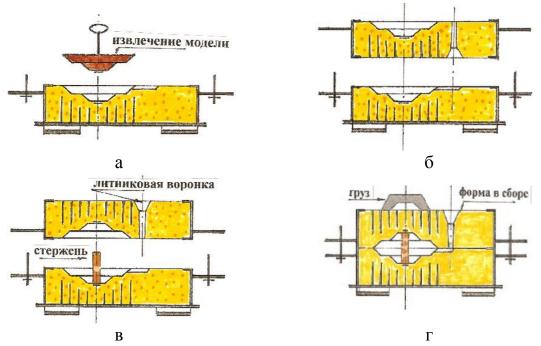


Рис. 3.9. Процесс формовки

На рис. 3.10 и 3.11 показаны каменные литейные формы для отливки кельтов.



Рис. 3.10. Каменная литейная форма для отливки двухушкового кельта

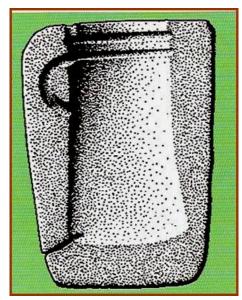


Рис. 3.11. Каменная литейная форма для отливки кельта

3.4. Черновая формовка или формовка «в расколотку» художественных произведений

3.4.1. Особенности формовки глиняных оригиналов

В качестве оригиналов, с которых может быть произведена отливка только черновой формовкой, являются:

- произведения, выполненные из каких-либо мягких материалов глины, воска, пластилина и других материалов в состав которых, как правило, входит глина и воск;
- ▶ различные предметы живой и мёртвой природы части человеческих тел и животных, растений и т.п.

Предмет формовки устанавливают в удобное положение и замешивают гипс необходимой густоты и текучести. Воду для замешивания гипса подкрашивают охрой $(3,5-7,0\ \ r$ на $1\ \ n$ итр воды). Поверхность оригинала опрыскивают водой, дают излишку воды стечь и переходят к нанесению первого слоя гипса (окатывают оригинал). Ладонью или специальной лопаткой равномерно наносят слой гипса толщиной $3-5\ \mbox{мм}$, если предмет имеет высоту до $0,5\ \mbox{м}$.

Предварительное опрыскивание оригинала водой необходимо для того, чтобы на влажную глину легче было нанести гипс за один приём. По влажной глине гипс растекается быстрее без пропусков и пузырьков. Кроме того, не смоченная водой глина активно впитывает воду из гипса, и он мгновенно не растекаясь пристает к ней, образовывая пустоты и пузырьки. Если из гипса в неувлажнённую глину уходит часть воды, он становится пористым, рыхлым и теряет вязкость. Пористость в свою способствует прочному соединению черновой формы поверхностью и делает невозможным отделение от неё. Это может испортить оригинал, форму и гипсовую отливку. Если при нанесении гипса на поверхность глины обнаруживается, что он становится матовым, то это означает, что гипс впитал всю воду и слой слишком тонок, поэтому его необходимо увеличить. В достаточно толстом слое гипса хватает воды для того, чтобы он оставался плотным. Необходимо также помнить, что глина перед нанесением гипса должна быть блестящей и влажной после опрыскивания водой, в противном случае излишек воды на поверхности глины смешивается с гипсом, разжижает его и делает рыхлым.

Сразу же после нанесения цветного гипсового слоя на него наносится второй слой из белого гипса, уже толщиной 30 – 40 мм при указанной высоте. Этот слой может выполняться из гипса более грубого помола, так как он играет роль поддерживающей основы. Если необходимо, для увеличения прочности, перед нанесением второго слоя укладывают проволочную арматуру необходимой толщины.

При нанесении второго слоя, необходимо чтобы гипс немного *«сел»*, т.е. начал сгущаться. Такой гипс нужно наносить быстро, пока он не

потерял свою текучесть и пластичность, и плотно соединился с первым слоем, без образования пустот. Если гипс наносить сразу после замешивания, когда он ещё жидкий, то он плотно соединится с цветным слоем и его трудно отделить при расколачивании (*отделении формы*).

3.4.2. Формовка рельефа

Рельеф из глины скульпторы выполняют на грунте, чаще всего на деревянной поверхности или на плотно набитой глине. Для удобства рельеф кладут на горизонтальную поверхность, опрыскивают водой, и замешав гипс на подкрашенной воде, наносят на оригинал первый слой. Затем на нём укрепляют проволочную арматуру и накладывают второй слой. Толщина второго слоя при размерах рельефа до 1 м^2 должна быть не менее 20-25 мм.

После окончательного затвердевания гипса, деревянный щит устанавливают вертикально и водой смачивают по периметру его стык. Как только вода проникла в стык, острым клином форму начинают отделять от щита. Действуя клином, стараются получить небольшую щель, в которую сразу же распыляют воду, вода проникает в пространство между глиной и формой, и разъединяет их. Если глиняный оригинал отделился вместе с формой, то глину снимают с формы скребком, постоянно смачивая водой. После разделения, готовую форму очищают от остатков глины, смывая её с помощью спринцовки, так как кисть или губка затирают рельеф.

Вариант формовки рельефа

Вылепленную модель барельефа или горельефа передают для формовки. Главной задачей до этой операции является правильная разбивка барельефа на части, на которые впоследствии при формовке он будет разделён. Для этого в рельефе намечаются части не особенно большого размера, что весьма важно при снятии раковины (формы). С небольшими раковинами работать удобнее, так как они не тяжелые.

Деление рельефа на части по заранее намеченной стекой (двусторонний деревянный или металлический инструмент для лепки) линии производится медными или железными пластинками. Линии деления по возможности проводятся по фону между фигур, а в крайних случаях по низким рельефам фигур. Сильно выступающие части в горельефах, как, например, изгибы рук, ног, либо осторожно отрезают тонкой проволокой с заранее сделанными в местах разрезов «маркерами», и немедленно по снятии их формуют отдельно, либо под эти выступающие части ставят гипсовые куски и тут же на месте обрезаются острым ножом.

Перед началом формовки весь рельеф должен быть полностью подготовлен, размечен пластинками, местами нивелирован (выступающие части обрезаны и сняты), местами выполнен добавочными кусками.

Важным условием формовки является общее, одновремённое опрыскивание цветным гипсом всего рельефа сразу, в один приём. При этом необходимо избежать нестыковок и короблений в стыках формы, так как гипс имеет способность расти и коробится и, будучи обработан с многочасовым перерывом, почти обязательно даст порожистость и кривизну в стыках частей формы.

Перед нанесением цветного гипса, рельеф смачивается водой, для пропитки уже подвяленной глины, во избежание всасывания воды из нанесенного цветного слоя гипса. Поливают глину водой осторожно, чтобы не размягчить рельеф. Если не производить обрызгивания водой, глина поглотила бы всю воду из первого слоя формы и она покрылась бы многочисленными мельчайшими пузырьками, которые отпечатались на будущей отливке.

Гипс для нанесения первого слоя разводится до консистенции жидкой сметаны, с предварительным добавлением краски. Гуще разводить гипс не рекомендуется, так как тогда он начнёт садиться до окончания процесса опрыскивания. Работать с гипсом следует осторожно, чтобы не получить на поверхности пузырьки.

После нанесения цветного слоя приступают к выкладыванию гипсом бортов с обеих сторон пластинок и вокруг рамки всего рельефа. В борта закладывают металлическую проволоку необходимой толщины, а затем поверх окрашенного гипса в каждую из раковин укладывают, изогнутую по форме в виде решётки арматуру. Удерживают арматуру гипсом. Далее разводят белый гипс без краски, и выдержав его до схватывания, наносят на всю раковину, закрывая металлический каркас. Затем приступают к разборке.

Снятие формы начинают с боковых раковин, вбивая клин между бортом и деревянным щитом. Обычно гипс плотно сидит на глине, поэтому в щель подливают воду. Из снятой формы удаляют глину, промывают её водой из спринцовки, а затем смазывают смесью, состоящей из стеарина и керосина. Остатки смазки убирают кистью. Форма рельефа готова.

3.4.3. Формовка скульптуры округлой формы

Черновые формы с округлых скульптур делают из нескольких частей или раковин. Главной особенностью при этом является правильное определение на оригинале мест стыковки отдельных раковин черновой формы.

Правильное распределение раковин необходимо для обеспечения:

▶ возможности через организованные отверстия в раковине извлечь гли-ну оригинала и имеющуюся в нём арматуру каркаса или просто снять раковину с поверхности оригинала, при отсутствии поднутрений; доступности всех части формы для заливки гипсом и укладки каркаса.

При выполнении этой работы требуется анализ и опыт, так как скульптуры сложной формы имеют много узких и труднодоступных мест. Основным условием при этом является получение хорошей формы при минимальном количестве раковин (форм) и отъёмных частей скульптуры. Специалисты указывают, что эти положения исключают друг друга, так как чем больше отъёмных частей, тем меньше раковин и наоборот. Также при анализе скульптуры необходимо помнить, что почти всегда задняя часть оригинала имеет более простую форму, чем передняя, поэтому заднюю раковину (створку) делают более плоской в одну треть толщины модели. Это связано с безопасным разъёмом формы, и тем, что шов разъёма получается сбоку и сзади, так, что после зачистки он не виден. Пример разделения оригинала пластинами приведен на рис. 3.12.



Рис 3.12. Оригинал разделён пластинами на заднюю и переднюю части по вертикальному разъёму

Определив место расположения разъёма створок на поверхности оригинала, прежде всего задней, нарезают из тонкой жести (латунь, медь, оцинковка), толщиной не более 0.25 мм, пластинки величиной от 2×2 до 5×7 Эти пластинки вдавливают перпендикулярно в будущий боковой разъём оригинала, таким образом, чтобы они плотно прилегали и накладывались друг на друга в 1 мм. Щели между пластинами не допустимы, так как наносимый на заднюю поверхность гипс, проникает на другие части модели. Ширина пластин погружённых в оригинал должна быть такой, чтобы над поверхностью модели она была 20 – 25 мм. Если оригинал имеет небольшие размеры, то на тонких пластины не используют, так как они раздвигают мягкую ГЛИНУ или воск

расширяют его, искажая саму модель. В этом случае пластинки размером от 10×10 до 20×20 мм и толщиной до 2 мм изготавливают из глины или пластилина, которые приклеивают к оригиналу. При обрызгивании водой эти места не смачивают обильно, так как при нанесении гипса они могут отваливаться.

Пластинки из глины или пластилина используют и тогда, когда некоторые части оригинала выполнены из дерева или металла. Кроме того, некоторые скульпторы изначально лепят нагую скульптуру, а затем на неё наносят специальную ткань, которая позволяет лепить одежду, сохраняя натуру. В этих случаях также невозможно использовать металлические пластинки, так как ткань препятствует их внедрению. Иногда ткань

прорезают, и вводят пластины, а иногда пластинки укрепляют с помощью предварительно нанесённого гипса.

При формовке небольших по размеру скульптур пластинки вообще не применяют, а гипс небольшими порциями наносится кисточкой на намеченные места.

После разделения оригинала на две части, на переднюю — наносят первый слой подцвеченного гипса, так, чтобы он случайно не попал на заднюю часть. Для этого заднюю часть закрывают мягкой бумагой с помощью шпилек. Нанесение на модель гипса следует производить за один приём, если оригинал небольшой, если это не так, то окатку производят частями. Гипс наносят, начиная снизу, таким образом, чтобы не увеличилась толщина предыдущих слоёв, стекающих сверху в низ. В этом случае толщину выравнивают лопаткой.

Закончив нанесение первого слоя, разводят белый гипс, и дав ему сгуститься, накладывают его по краям оригинала — делают *«усенки»*, шире пластинок на 20-30 мм. Накладывая гипс, его прижимают плотно к цветному слою. После этого накладывают металлическую арматуру и полностью наносят второй слой из белого гипса (*puc. 3.13*).

Выше было сказано, что вся работа вертикально производится на стоящей скульптуре, так как она выполнена из пластичного материала, однако гипсового нанесения каркаса металлической арматурой она упрочнена, и скульптурой легче работать горизонтальном Поэтому положении. eë горизонтально укладывают зачищают оригинала можон края «усенки», выравнивая их заподлицо с пластинами. Если вместо пластин используются глина или пластилин, TO ИХ при подчистке снимают, глиняные, при этом «усенки» смачивают водой, а пластилин снимают, смачивая керосином. При выполнении подчистки, крошки необходимо тщательно убирать, иначе они прилипают к мягкому материалу.

На хорошо подчищенной кромке – *«усенке»*, в нескольких местах, делают



Рис 3.13. Металлический каркас, уложенный после первого слоя передней раковины. По краю раковины, показана «усенка» и рамка определяющая толщину последнего слоя

полукруглые углубления или замки для соединения в будущем с задней стенкой (*puc. 3.14*). Когда будет залита вторая половина формы, то в этих местах будут образованы выступы. Соединение половин по этим замкам будет очень точным. Скульпторы высверливают замки с помощью лопатки

для замешивания гипса. Для хорошего отделения половинок формы между собой, *«усенки»* и замки смазывают. В качестве смазки используется глиняная суспензия – глина замешивается на воде.



Рис 3.14. Задняя половина модели с «усенками», пластинками и замками на передней раковине. Справа пластины сняты

Заднюю раковину изготавливают аналогично передней и в той же последовательности. Следует иметь в виду, что глиняная смазка не позволяет слипаться створкам и хорошо проявляет линию стыка.

Работа по изготовлению черновой при последовательном изготовлении передней и задней раковин должна выполняться сразу, без их сушки. Ранее указывалось, что после нанесения первых слоёв гипса, он хорошо впитывает влагу из глины, начинает усыхать и садиться, уменьшая объём оригинала. Это дальнейшем привести тэжом образованию несовпадению «заскока», раковин по линии разъёма, и кроме того искажается сам оригинал. Поэтому при формовки, выполнении несмотря

сложность и размеры передней раковины её необходимо изготовить в течение 2 — 3 часов, пока глина не начала усыхать, меняя размер. После этого наносят гипс на заднюю половину, а затем — вторые слои как на переднюю, так и на заднюю половины раковин. В этом случае скульптура должна находиться в вертикальном положении. Иногда скульпторы во время работы над передней раковиной, смачивают водой заднюю часть оригинала, предотвращая её высыхание.

Обычно при лепке скульпторы используют специальный металлический каркас, который удерживает оригинал. Каркас выполняется из стержня с арматурой, который проходит внутри скульптуры и загнутого конца, выходящего из модели для соединения с деревянной подставкой. Поэтому заднюю раковину делают из нескольких частей, так как система крепежа мешает снятию её со скульптуры. В данном случае на *рис.* 3.15 и 3.16 показана задняя часть, состоящая из трёх составляющих, которые удаляются в бок и вверх.



Рис 3.15. Нижняя часть задней раковины. Для вытаскивания боком нижней части, подставка модели не заформована



Рис 3.16. Показана линия разделения задней раковины на три части

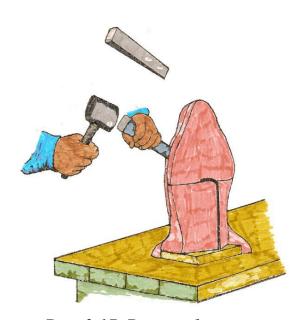


Рис. 3.17. Разъём формы с помощью клина

Во время наливки задней части, наносимый на модель гипс, растекается в разные стороны, в том числе и на переднюю раковину, что затруднить разъём. тэжом ИХ Поэтому стык раковин тщательно очищают OT натёков И форму \mathbf{C} этой целью разнимают. изготавливают клинья из мягкого дерева (берёза) и заостряют их под углом 20°, длиной 150 – 200 мм и толщиной 30 – 40 мм. С помощью деревянного молотка клин вбивают в разъём со всех сторон модели, предварительно смоченный водой (puc. *3.17*). Как только створки

расходятся на небольшое расстояние, разъём обильно смачивают водой и уже плоским инструментом их окончательно снимают. В процессе *«расколотки»* очень часто разбиваются замки или цветные *«усенки»*. Для предотвращения разрушения раковин, перед наливкой задней части в безопасных местах между замками створок укладывают маленькие кусочки глины. Эти места, после очистки глины, служат указанием, куда необходимо вбивать клин. Операции по снятию створок с оригинала

следует проводить аккуратно, так как гипс впитывает воду из глины, размягчается и может ломаться.

Вариант формовки круглой скульптуры

Перед формовкой укрепляют станок, на котором установлена скульптура для того, чтобы обеспечить его неподвижность.

Как и при формовке рельефа, круглая скульптура размечается стекой на части, которые при отливке монтируются в форму. Линии стекой проводят не глубоко, но чётко ($uupuha\ 1-2\ mm$). После этого скульптура делится пластинами на части для будущих гипсовых раковин.

Лицевая (*передняя*) часть скульптуры, всегда остаётся единой сплошной раковиной без деления её на части. Пластинки для этой цели выкладываются по бокам скульптуры, деля её пополам от головы до низа плинта, и располагаются, таким образом, чтобы наибольший массив скульптуры оставался в лицевой половине, а меньший – в задней раковине и был плоским (*puc. 3.18*). Передняя половина не делится поперечными пластинами, а остаётся цельной, задняя же делится на части, высота которых берётся от 500 мм до 600 – 700 мм.

Нижние раковины крупных скульптур не делают цельными. Даже когда низ скульптуры достаточно массивен, нижние раковины делят пополам, а у крупных скульптур (до 7 м) делят на три и более части. Это делают для уменьшения веса раковин и облегчения вывода из основного каркаса – глаголя. Над глаголем раковины ставят меньшего размера и потому их выкладывают пластинками (рис. 3.19), но у больших скульптур их всё же делят на несколько частей (рис. 3.20). Для спинной раковины, посредине eë, выкладывают пластинками квадратное «окошко» размером 300×300 мм, и формуют его совместно со всей раковиной, а на теменной части головы скульптуры выкладывают пластинами круглую раковину, которая формуется совместно с затылочной раковиной. Эти части – теменная называется «колпачком», а на спине «окошко», необходимы при заливке гипса и разборке скульптуры.

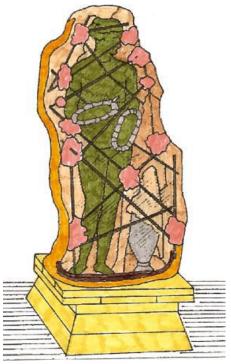


Рис 3.18. Черновая форма. Выкладка арматурой лицевой раковины

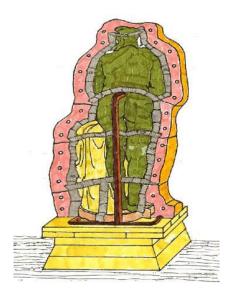


Рис 3.19. Черновая форма. Обкладка глиняной модели пластинами и разбивка задней стороны на части

Когда скульптура разделена на части, приступают eë формовке. Вначале производят окатку цветным гипсом всей передней раковины: в один приём, если скульптура небольшого размера; если она велика, то окатку выполняют в несколько приёмов, стараясь не забрызгать прерванные края. После выполнения этой операции, приступают к нанесению тем же цветным гипсом «усенки» (края раковины и отдельных кусков гипсовой соприкасающихся друг с другом). Ширина и толщина «усенки» должна составлять не менее 60 - 70 мм, а у крупных скульптур до 100 мм и более. Когда «усенка» обработана, извлекают пластины, «усенка» подравнивается ножом, затем на ней делают марки (замки) помощью формовочной лопатки или ножа, И ВСЯ

«усенка» окрашивается разведенной в воде глиной.

После этого по намеченным линиям кусков, прокладываются ДЛЯ задних наносят цветной гипс на пластинки И нижние раковины одновременно И намазывают ЭТИМ же гипсом «усенки» формуемых раковин, относительно друг друга, и относительно лицевой раковины. Перед оплёскивания началом задних раковин, пластины вынимают, «усенки» зачищают жидкой МОЖОН И смазывают глиной. И сразу выкладывают металлическую арматуру. Размер частей арматуры должен соответствовать размерам раковин и укладываться, пересекая друг Арматура крепится друга. (примораживается) гипсом к «усенкам» и оплёске. Одновремённо с этим, с боков каждой раковины, прикрепляют металлические скобы, облегчающие разъём

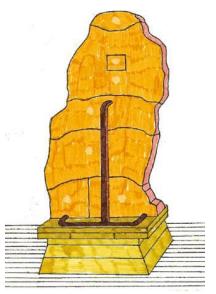


Рис 3.20. Черновая форма. Задняя сторона скульптуры, разделена на шесть частей и закрыта гипсом

формы. После выполнения указанных операций, накладывают второй слой гипса, закрывающий металлический каркас.

Перед началом разборки формы её жестко укрепляют. Для этого все стыковые швы очищают от натёкшего гипса и при помощи клиньев

начинают разъём. После появления щелей, подливают воду и осторожно снимают заднюю раковину, начиная сверху. Снятые раковины укладывают тыльной стороной на верстак, и подкладывают доски или кирпичи, так как возможно коробление. Когда все задние раковины сняты, из них вынимают глину и арматуру, промывают спринцеванием и таким же образом очищают и лицевые раковины.

3.4.4. Формовка сложной скульптуры с отъёмными частями

Сложными скульптурами являются различные статуэтки, изображающие человека, у которого выступают вытянутые и отставленные руки и ноги (когда последние не соединены с плинтом), части одежды, драпировки, различные предметы обстановки, украшения, имеющие отношение к сюжету модели.

При наличии перечисленных частей необходимо увеличивать количество раковин формы или эти части необходимо формовать отдельно и монтировать к скульптуре. Такие отдельно отформованные части называют отъёмными. К ним также относят согнутые или криво изображённые фигурки, осложняющие распределение раковин на оригинале.

Отъёмные части без каркаса внутри отрезаются от модели и формуются отдельно. Если каркасы в них есть, то их формуют вместе с оригиналом. Таким же образом поступают с отъёмными частями, когда срезанные они могут изменить свою форму. Предварительно до начала формовки отъёмной части, намечают линию отделения последнего (поперёк), с помощью тонкого и тупого инструмента в разных местах делают несколько коротких чёрточек — меток или марок. Эти знаки при соединении части с оригиналом, позволят прикрепить их точно к своему месту. Если подлежащая отделению отъёмная часть имеет небольшой каркас не связанный с моделью или он отсутствует вообще, то его отделяют тонкой ниткой или тонкой проволокой. Отрезанную отъёмную часть из глины, укладывают на мягкую подкладку, чтобы под собственной тяжестью и мягкостью он не погнулась и не помялась.

Для формовки отъёмной части замешивают необходимое количество цветного гипса, выдерживают его до состояния, когда он *«сядет»* и выкладывают на специально смазанную дощечку. В этот гипс погружают отъёмную часть задней стороной до намеченного шва, так как она должна быть плоской и сниматься без *«расколотки»*. Этим же гипсом намазывают *«усенку»* вокруг этой части.

После затвердевания гипса, «усенку» зачищают ножом, делают замки, промазывают жидкой глиной, верхнюю часть оплёскивают цветным гипсом и наносят второй слой. Далее очищают стыки обеих половинок, разнимают их, глину удаляют и форму промывают. Намечают линию среза, сделав на ней метки, отъёмную часть надрезают ниткой или

проволокой, в этот разрез осторожно вдавливают пластинки. Перпендикулярно к ним по линии намеченного шва, отъёмную часть также пластинками делят на несколько частей и делают форму. Места на оригинале, которые могут быть забрызганы гипсом, предварительно прикрывают бумагой. В узкие и тесные места гипс наносят с помощью кисти.

Поскольку расстояние между оригиналом и отъёмными частями невелико, то форма части, почти касается оригинала. Для того, чтобы её снять, не повредив модель, вначале снимают переднюю раковину и вынимают глину из формы. Благодаря надрезу на отъёмной части, это легко сделать ниткой, не испортив незаформованной верхней части стыка. Иногда для снятия задней раковины, чтобы не повредить оригинал, отгибают мешающий каркас, после того, как форма освобождена от глины. Также бывают случаи, когда отрезать отъёмную часть проволокой или ниткой не всегда удобно, поэтому определяют линию отделения и в неё вставляют пластинки, прорезая ими на некоторую глубину, затем формуют в обычном порядке. Надрезанная часть легко отделяется от оригинала.

Зачастую удобнее формовать вначале оригинал, а затем отъёмные части. В этом случае нет риска повреждения оригинала, налива гипса на незащищённые места и повреждения отъёмных частей. При формовке частей, после оригинала их не надрезают ниткой или проволокой, просто в намеченный стык вставляют пластинки. Так как оригинал уже заключён в гипс, то никакие изменения глины или пластилина в стыках при снятии раковин отъёмных частей уже не имеют значения.

3.4.5. Формовка бюста

При формовке бюста. карандашом на модели наносят разграничительную линию, которая проходит по вертикали за ушами на расстоянии 20 мм от них. Вертикальная линия проводится по шее, заушным частям и затылку. Линия является разграничительной чертой обеих половин черновой формы головы. Передняя, основная половина занимает примерно 3/4 объёма головы, 1/4 отходит к затылочной части. Это пропорциональная закономерность деление, формовки скульптуры.

По разграничительной линии в глиняную или пластилиновую модель вставляют металлические пластины шириной 30 мм и на глубину 3-5 мм, перпендикулярно к поверхности формы головы. Края пластинок образуют вокруг головы нимб, и должны выступать приметно на 20-30 мм. На поверхность пластинок наносится смазь. Поверхность пластилиновой формы покрывают подсолнечным маслом, если же она выполнена из глины, то скульптуру обрызгивают водой до влажного состояния. После этого затылочную часть проклеивают в один слой газетной бумагой,

начиная от пластинок, для того, чтобы при оплёскивании гипс не попал на затылок и не испортил скульптуру.

Нанесение на переднюю часть цветного гипса производится обычным способом. После этого густым гипсом выкладывается валик вдоль пластин, разделяющих форму, при этом высота валика должна соответствовать высоте пластин и таким образом толщине всей формы. Затем замешивают белый раствор и утолщают переднюю раковину до уровня валика. Обычно оба слоя раковины модели головы, составляющей ³/₄ натуры, должны быть толщиной 20 мм, а при натуральной величине 30 – 40 мм.

После затвердевания гипса, бумагу удаляют, очищают и выравнивают края разъёма — *«усенки»* и устраняют дефекты.

На плоскости разъёма с помощью конической лопатки высверливают три неглубокие лунки для будущего замка. Одна лунка располагается в районе темени головы, а две другие с каждой стороны ниже ушей. Замки делают для точной сборки раковин между собой, глубиной 3 – 5 мм.

Перед оплескиванием затылочной части, всю поверхность замков и разъёма смазывают и производят наливку гипса в той же последовательности.

Через 30 — 40 минут, после затвердевания гипса, начинают разборку формы. Разъём раковин осуществляют острым инструментом или деревянными колышками. После этого из передней раковины убирают глину. Для этого используют специальный инструмент, так как глину трудно удалять из разновысоких углублений. Промывку раковин от остатков глины производят с помощью мягких кисточек, после чего поверхность подсушивают до матового состояния и смазывают тонким слоем смазки. После соединения половин формы их укрепляют и производят заливку.

Заливка гипсом бывает полная или пустотелая. Если модель выполнена в одну четверть натуральной величины, то заливку делают полной. В противном случае в собранную форму заливают жидко разведенный гипс на ¾ объёма. Затем форму начинают покачивать в разные стороны, для равномерного осаждения. Остатки гипса выливают, и убедившись в том, что вся поверхность формы покрыта хорошо, им же заливают весь объём. После усадки гипса, острым ножом выравнивают всю горизонтальную поверхность плинта.

Пустотелую отливку делают по аналогии с маской. Обкатка гипсом производится в три приёма, тремя порциями раствора. Для этой цели заливают форму наполовину, и начинают вращать и покачивать во все стороны, следя за тем, чтобы гипс равномерно осаждался на поверхности стенок. Затем излишек гипса сливают, разводят новый и заливают. Таким образом, накладывают и третий слой. В результате толщина трёх слоёв должна составлять 10-15 мм.

При отливке бюстов больших размеров для повышения прочности применяют прокладку пенькой и деревянную арматуру.

Изготовление ведут, заливая отдельно обе половины — переднюю и заднюю. Затем форму соединяют, укрепляя шов пенькой, и заливают. Через 30 — 40 мин. форму устойчиво ставят на плинт и производят *«расколотку»*. *«Расколотку»* выполняют осторожно, начиная сверху до цветного слоя, и только потом производят снятие цветного слоя с отливки. В случае образования сколов их приклеивают клеем типа БФ-2, а швы заделывают жидким гипсом.

3.4.6. Формовка фигуры человека

Фигура человека отливается методом черновой формовки по аналогии с бюстом. Вначале в модель закрепляют пластинки и покрывают заднюю часть мокрой бумагой. Затем подкрашенным гипсом производят первый оплеск, который выполняют с определённым усилием, чтобы он равномерно покрыл все части формы. Второй слой наносят более толстым, а поверхность его должна быть более шероховатой. Вдоль пластинок делают валик для замка. При работе даже с небольшими скульптурами, проволочную укладывать арматуру (диаметр онжом 40 - 50 мм). Если у скульптуры есть вытянутая рука, арматуру укладывают в руку, и связывают с арматурой торса в единую конструкцию. После этого белым гипсом оплескивают арматуру и переднюю часть формы, доводя её до монолитного состояния.

Плоскость разъёма и замки выполняют, как и при формовке бюстов.

Заливку задней части скульптуры одним куском сделать трудно, так как существует помеха — опорный крюк (глаголь), поэтому её делают из двух половин — верхней и нижней. Если фигура человека выполнена в движении, с поворотом плоскостей, то заднюю половину выполняют из большего количества частей. Если скульптура имеет вытянутую руку, как у Дорифора (Поликлета), то её выполняют отдельно, отделив от основной фигуры пластинкой.

Заднюю половину формы модели заливают снизу, от плинта, перегородив предварительно пластинами в районе вхождения каркаса. Затем покрывают смазью заднюю часть руки и нижнюю часть формы, заливают верхнюю часть задней раковины. Для задней половины арматуру не применяют.

Готовую форму разбирают, начиная с руки, затем верхнюю часть и нижнюю. Удаляют глину из передней половины формы, промывают форму водой и смазывают.

Перед заливкой формы гипсом необходимо изготовить и установить в неё металлический каркас, который должен укрепить гипсовую отливку. Так, каркасы ног должны заканчиваться арматурой согнутой под прямым углом, которая должна укрепляться в плинте на расстоянии 10 мм от

поверхности. Согнутую арматуру укладывают в форму на глиняных подпорках. Затем, оставив подпорки, вынимают все части каркаса и покрывают их шеллачным лаком, предохраняя от коррозии. После подсыхания лака, каркас укладывают на место и закрепляют густым раствором гипса, вначале к плинту - каркас ног. После этого капающим гипсом укрепляют арматуру на уровне таза, груди, запястья и т.д. Затем удаляют глиняные подпорки, смазывают все части формы, ранее вымазанные глиной, соединяют их вместе и устанавливают в перевёрнутом виде.

Заливать форму начинают через отверстие в ноге жидким гипсом до тех пор, пока гипс не покажется в отверстии другой ноги. После заполнения плинта гипсом, его поверхность выравнивают линейкой и оставляют форму на полчаса. Практика показывает, что гипс в форму необходимо заливать тонкой струёй, равномерно, для спокойного удаления воздуха из формы, также как и при заливке формы металлом. При заливке каждой порции гипса в туловище, необходимо каждый раз покачивать форму из стороны в сторону и затем окончательно её заполнить. После затвердения гипса *«расколотку»* ведут сверху вниз, удаляя арматуру и слой белого гипса, затем удаляют цветной гипс. Рекомендуется *«расколотку»* формы под подбородком и вокруг ног производить в последнюю очередь.

3.4.7. Черновая формовка моделей больших размеров

В практике художественного литья часто необходимо формовать вылепленные для памятников большие статуи и группы, гипсовые отливки с которых в свою очередь служат моделями для отливки из бронзы.

Модели, как правило, изготавливают состоящими из отдельных частей, так как это определяется возможностями литейной мастерской или цеха. Стыки отдельных частей скульптуры выполняют со специальными пазами для их плотного соединения. Во время сборки бронзовых элементов их сваривают между собой или свинчивают, а место стыка зачеканивают.

Формовка старым способом выполнялась следующим образом. На глиняном (*или другом*) оригинале производилась разметка частей. Горизонтальные части, если они были большими, делились ещё и по вертикали. Аналогичным образом намечались стыки отъёмных частей модели. Формовку обычно начинали с нижней части статуи или с формовки отъёмных частей.

Во избежание возможных поломок сырых тяжёлых раковин, раковины отдельных частей делались на 30 — 40 мм ниже или выше отмеченной черты с учётом того снизу или сверху производилась формовка. Это учитывало возможность поломок *«усенок»* при монтаже или сборке отдельных частей. Но этот запас мешал выполнению формовки

следующей части без удаления предыдущей. Всё это приводило к дополнительным трудностям. Поэтому лучшим способом формовки является тот, при котором на всю переднюю часть статуи делается одна общая раковина, а задняя часть выполняется из отдельных небольших. По окончании формовки эти небольшие части легко снимаются с глины.

Заливают статую в вертикальном положении, начиная снизу, отдельными частями. Верх каждого отлитого куска смазывается и затем заливается следующий, вплоть до верха модели.

Формовка

Рассмотрим модель статуи с вытянутой одной рукой (рука «на отлете») и прижатой к груди другой. Указанная модель предназначена для отливки в бронзе и состоит из отдельных монтируемых в дальнейшем частей: плинта, правой ноги, левой ноги, торса, вытянутой руки, согнутой руки и головы.

Прежде всего, на модели намечают отдельные части отливки. Линии разметки необходимо делать неглубокими, так как это будет мешать при дальнейшей работе. Если плинт имеет прямоугольную форму, то легко производится прямо из гипса, его убирают, не формуя, оставляют только небольшие участки под ступнями ног в виде шалнеров («колоши», как называли их литейщики). Предварительно место плинта фиксируют на площадке, отмечая также его высоту.

Пластинами оригинал разделяется на две половины (*как уже было отмечено выше*), причём задняя часть должна быть по возможности более плоской. Сверху головы пластинки вставляют в глину таким образом, чтобы после формовки передней и задней половин на неё в виде колпачка можно было налить небольшую раковину. Ширина пластин должна составлять 50-60 мм, глубина их погружения в модель 5-6 мм, при этом пластины должны находить друг на друга и для неподвижности одна пластина должна загибаться на другую.

Вначале наносят цветной гипс (*делают окатку*) по всей передней части раковины. Смазав *«усенку»* глиной, наливают заднюю половину модели, начиная снизу. *«Усенки»* каждой части задней раковины должны соответствовать отмеченным границам, а высота частей раковины должна быть в пределах 650 — 750 мм. Эта высота обусловлена тем, что стыки внутри формы необходимо замазывать руками, а при больших размерах это затруднительно. Наливают раковины в том же порядке, в каком намечено отливать части статуи.

При изготовлении ног (длина которых может доходить до 2 м) необходимо помнить, что узкая и длинная деталь может коробиться, поэтому на каждой ноге делают по четыре или пять раковин высотой приблизительно 0,45; 0,40; 0,45; 0,50 и 0,35 м. «Усенки» последнего куска

должны совпадать с чертой на оригинале, отделяющей ноги одну от другой и от торса.

Наливку раковин начинают снизу, при этом поверхность оригинала ограниченную пластинами окатывают цветным слоем. «Усенки» передней раковины покрываются слоем не менее 6-7 мм, так как в противном случае при расколотке могут возникнуть трудности. После этого смазывают подчищенную «усенку» жидкой глиной, окатывают второй кусок и следующие, вплоть до последнего. Аналогичным образом наливают раковины на вторую ногу.

На вытянутой руке задних раковин три: одна на пальцы, кисть и часть рукава и две на остальную часть руки до черты. Первой делают раковину на кисть. На второй согнутой руке – всего одна раковина.

Верхнюю часть статуи выше ног делают из пяти частей. Нижняя раковина узкая, высотой 250 мм. За ней располагается самая большая часть в 750 мм высотой. Третья часть, которая захватывает плечи и часть шеи имеет высоту 400 мм, а последняя часть это *«колпачок»*. Кроме того, в центре большой раковины делают окошко, размером 270 × 300 мм, которое закрывается раковиной.

После окатки цветным слоем и намазывания *«усенок»*, к этому слою с помощью гипса прикрепляют части металлического каркаса для укрепления передней и задней стенок. Ко всем отдельным кускам задней половинки раковины гипсом прикрепляют проволочные скобы, которые облегчают процесс съёма раковин с глиняной модели. После этого на арматуру накладывают второй слой гипса грубого помола. Все операции необходимо делать быстро из-за возможного появления *«заскоков»* несовпадения линий разъёма. Кроме того все выступающие части подпирают от прогиба, а переднюю часть, как более тяжёлую укрепляют специальными подпорками.

Разборка формы

После очистки разъёма раковин, приступают к разборке формы, начиная сверху. Все снятые раковины укладывают на ровную поверхность, укрепляя края от провисания. После этого из передней раковины начинают удалять глину и заполняющий внутреннюю часть модели каркас. Затем форму промывают и приступают к отливке.

Отливка

Отливку начинают с окатки гипсом любой нижней части, её толщина должна составлять примерно 10 мм, а также иметь чёткую границу без подтёков и брызг. Смоченная водой (перед окаткой) раковина из-за длительности процесса может подсыхать, поэтому незалитые участки формы необходимо увлажнять с наружной стороны. Увлажнённые места перед окаткой следует вновь смочить щёлоком, а загипсованные места,

протирают жидким гипсом, снимая натёкший щелок для лучшего соединения с новым слоем. Перед вторым слоем окатки, на поверхность первой укладывают слой пеньки. Для статуй размером 4 метра, толщина второго слоя составляет 50-60 мм.

Выполнив на передней раковине наливку ног двумя слоями, наливку на второй ноге не доводят до черты, отделяющей её от первой, в них устанавливают каркасы. Каркасы для ног изготавливают из железного круга поперечным сечением 35 — 40 мм². Рекомендуется устанавливать трубчатые каркасы. Верхний конец арматуры для ног должен иметь монтажные отверстия для транспортировки. Арматура для корпуса должна быть изготовлена и окрашена заранее, так как перерывы при заливке гипсом недопустимы. Окраску арматуры во избежание коррозии производят известковым молоком, охрой или другими специальными красками. После этого выбирают длинные пряди пеньки шириной 50 — 60 мм, пропитывают их гипсом и обматывают арматуру. Такая обмотка позволяет плотно соединить арматуру с гипсом. Затем арматуру устанавливают в переднюю раковину и укрепляют гипсовой подливкой.

Заливку гипсом обеих ног, после соединения задней раковины с передней, при небольших размерах выполняют одновременно. Сначала заливают нижние раковины ног, накладывают их на переднюю раковину и плотно скрепляют. Через образовавшееся отверстие обе ноги заливают гипсом, недоливая до верха 100 мм ниже верхней *«усенки»* раковины. Чтобы гипс не вытекал при заливке через щели, их снаружи обмазывают гипсом. Подготавливая задние раковины, слой гипса наносят толщиной соответствующей двум слоям передней раковины, при этом пеньку не вкладывают. Поэтому при соединении раковин ног, заливку производят в промежуток между этими слоями. Это связано с тем, что раковины ног имеют небольшие размеры. Перед заливкой соединённых раковин, кистью изнутри гипсом прокрашивают горизонтальные и вертикальные линии разъёма, после того как гипс немного сядет, на него наносят следующий слой толщиной 10 мм. Затем смоченные гипсом кусочки пеньки накладывают на швы, и после его посадки разъём заделывают заподлицо с залитым гипсом.

Начиная со второго ряда, как только передняя и задняя раковины соединены, посередине задней раковины с обеих сторон каркаса надевают по железной скобе (толщина 7-10~мм) соответствующим образом изогнутой. Такие скобы охватывают каркас с трёх сторон, своими загнутыми под углом 90° концами, кроме того они плотно прилегают к внутренней стороне отливки, размещаясь в выдолбленной для этой цели впадине глубиной 10~мм.

Верхние концы скобы соединяют с каркасом, затем обматывают прядью пеньки, смоченной в гипсе; нижние концы скоб также присоединяются пенькой и гипсом к стенкам ноги. Дополнительно две

скобы устанавливают выше верхней раковины ног, в конце каркаса, а их концы «примораживают» на расстоянии 100 -150 мм от верхнего края «усенки» ног. Таким образом, скобы прочно скрепляют каркас со стенками ноги. Однако конструкция каркаса может быть другой и изготовленной из другой арматуры, главное она должна быть прочной. Места соединения могут быть сварными, а соединения с отливкой выполняются с помощью пеньки смоченной в гипсе.

Заливку раковин на обеих ногах нельзя производить одновременно, только двух верхних раковин, так как они соприкасаются друг с другом. Поэтому только после заливки и соединения последних раковин ног с передней раковиной, изготовив «усенки» на одной из них и отделав её можно перейти к заливке второй ноги с места законченного прежде. Для этого снимают случайно заплёснутый гипс сверх черты на передней раковине, затем разведённым гипсом замазывают «усенку» на залитой части шириной около 100 мм. На передней раковине «усенку» намазывают по выпуклой черте, а на задней раковине на её продолжении у верхнего края. «Усенку» подрезают, зачищают, а затем перпендикулярно к ней, отступая от формы на 60 – 70 мм, намазывают стенку высотой и шириной 50 – 60 мм, скашивая её вверху на 10 мм. Выполненные «усенки» жидкой глиной и прокрашивают затем смазывают. После заканчивают окатку гипсом второй ноги, нанося гипс на «усенку» первой в месте контакта.

Одновременно с ногами выполняют заливку обеих рук. Наиболее удобно выполнять работы по заливке гипсом руки, расположенной на отлёте, так как она наклонена вниз, а её пальцы чуть согнуты в одном направлении. Вначале подливают гипсом переднюю раковину руки до пальцев, в пальцах устанавливают металлическую арматуру, концы которой укрепляют подливкой гипса у кисти руки. Во время заливке гипсом по бокам раковины, возле *«усенок»* и между ними, укладывают куски выгнутой по форме проволоки диаметром от 8 до 12 мм. Затем на этот слой накладывают второй слой гипса, укрепляя его пенькой.

Первая часть задней раковины, которая оформляет пальцы, кисть и часть рукава, до заливки гипсом связывается с передней раковиной, а затем заливается гипсом. В связи с тем, что рука опущена, гипс хорошо заливается в полость пальцев.

Остальные задние раковины модели, выполняют аналогично раковинам ног.

После заливки последней раковины, намазывают *«усенку»* и шалнер. Расстояние между шалнером и формой должно составлять 10-20 мм.

Бывают модели, у которых рука вытянута вперёд без наклона. Заливать такие формы труднее, поэтому при формовке на пальцы и на кисть делают отдельные небольшие раковины и одновременно с заливкой всей руки, заливают и пальцы. На них накладывают заднюю раковину, а

швы заполняют гипсом с помощью кисточки. Заливка получается трёхслойной и не исключает появление пустот. Скульпторы считают, что в этом случае, также как и в случае если рука поднята вверх, кисть лучше отформовать отдельно, а затем присоединить к руке.

Рассмотрим пример, когда рука согнута и имеет две точки соприкосновения с туловищем: у плеча и на груди. Кисть руки образует углубление в передней раковине, через которое можно заливать гипс как можно дальше, настолько это возможно, «усенку» в этом случае делают по контуру отверстия. Остальную часть руки заливают через отверстие в плече. Это же отверстие используют для скрепления гипсом и задней раковины руки. Плечевая «усенка» делается по намеченной черте, а шалнер, как у первой руки. Закончив заливку второй руки, смачивают переднюю раковину водой (если подсохла), прокрашивают глиной и смазывают все «усенки» и шалнеры готовых частей, затем приступают к гипсовке торса модели.

Перед работой над торсом, пустоты внутри ног закладывают от попадания в них гипса. Весь процесс нанесения гипса сопровождается закладыванием пеньки и нанесением его второго слоя. Толщина стенок торса должна составлять 40-50 мм. Одновременно с торсом, намазывают *«усенки»* и шалнеры отлитых частей статуи, в результате чего они получаются в обратном положении. После разборки и сборки модели эти шалнеры плотно входят один в другой.

Заднюю раковину торса делают из нескольких частей: узкой, широкой и окошечка. После изготовления нижней раковины её скрепляют с передней, и замазывают швы. Затем выравнивают переднюю часть раковины торса, в месте соединения с раковиной ног, и соединяют с залитой частью задней раковины. Соединение швов передней и задней раковин укрепляют пенькой. В нижней части задней раковины, внутри торса, гипсом укрепляют распорки толщиной 40 – 50 мм (для дерева). Обычно одна распорка ставится продольно, две другие – поперёк торса. Кроме укрепления отливки, распорки служат закрепления петли для монтажа.

Аналогичным образом изготавливают верхнюю часть раковины, при этом окошечко не заделывают до конца формовки. После чего накладывают узкую раковину на плечи статуи. Эта часть работы считается очень трудной, так как соединять изнутри — заделывать швы через узкое отверстие в шее сложно. Иногда используют окошечко нижней раковины, если оно расположено близко от поперечного шва. Внутри этой раковины распорки располагают крестом по оси с отверстием в шее.

Шалнер на этой части фигуры располагают не на туловище, а на голове. Вокруг *«усенки»*, на расстоянии 20-25 мм от наружного края, делают под тупым углом уступ внутри отливки глубиной 60-80 мм. Внутри уступа, в нижней его части, формируют донышко из тонкого слоя

гипса. В этой впадине при заливке последней части модели получают готовый шалнер для монтажа головы с корпусом. Обычно это донышко после изготовления шалнера, выбивают, и через отверстие пропускают монтажный тросик, закрепляя его на каркасе и выводя наружу.

Задняя раковина головы соединяется с передней с помощью пеньки и гипса через отверстие расположенное вверху — раковина-колпачок. Внутри головы укрепляют небольшой каркас из поперечных стержней, к нему также для монтажа крепят тросик. Раковина-окошечко и раковина-колпачок заливаются гипсом отдельно, а затем приклеиваются гипсом по своим местам после разборки модели.

Все собранные и соединённые вместе раковины не должны иметь щелей и несовпадения швов, что должно контролироваться на всех этапах выполнения формовки. Кроме того, при сборке необходимо плотно соединять все части, для чего используют различные монтажные приспособления. Поскольку крупные скульптуры изготавливают по отдельным частям, они для удобства монтажа должны иметь петли, расположенные по оси монтируемой части и надёжно закреплённые внутри неё.

Отливка и формовка головы скульптуры

Отдельная формовка головы применяется часто, так как это упрощает процесс. Вначале производят разметку раковин на модели и с помощью линии намечают контур передней раковины. Обычно линия проходит чуть ниже шеи, захватывая небольшую часть плеч. С этой линией также должна совпадать и верхняя *«усенка»* задней раковины. Как и при формовке отъёмных частей на этой линии ставят метки.

В линию вставляют более широкие металлические пластинки, которые позволяют без *«усенок»* производить нанесение первого слоя и всех последующих как на статую, так и на отдельно формуемую голову. Толщина наносимых слоёв гипса не должна превышать высоту пластин.

Отливку производят в горизонтальной плоскости. При этом гипсом заливается не вся форма, а только одна голова до того места, где будет производится монтаж. И только после того как будет выведена *«усенка»* соединения и шалнер, заливается остальная часть формы. После разборки голова снимается, а остальная часть отливки — шея, груди и плечи в виде узкого кольца с помощью гипса приклеивается к торсу скульптуры.

Разборка отлитой формы

Перед разборкой формы статуи к ней вновь присоединяют плинт, который был устранен перед формовкой. Для этого вначале обрезают небольшие части плинта — *«колоши»*, оставшиеся под ступнями ног. Обрезку делают плоской сужающейся к низу, после чего прокрашивают жидкой глиной и смазывают. Далее на площадке расчерчивают контур

плинта, и обкладывают опалубкой необходимого размера. Опалубку крепят к площадке. Внутри неё, на расстоянии 25 мм от стенок и на таком же расстоянии от верхней кромки всё пространство заполняется глиной. Стенки этого заполнения должны быть ровными и гладкими и суженными к верху на 10-15 мм. Поверхность глиняного плинта обкладывают мокрой бумагой, а в пространство между опалубкой и плинтом закладывают арматуру, выгнутую по контуру диаметром 9-11 мм. После этого всю полость и плинт под ногами статуи полностью заливают гипсом. Поверхность затвердевшего гипса выравнивается циклей.

Дальнейшую разборку формы следует производить по частям. Такими частями на описываемой модели являются руки. Затем аккуратно с помощью подъёмника снимают голову и торс. Последним после ног снимают плинт. Все снятые части необходимо укладывать на ровную, мягкую поверхность.

Статуи больших размеров сразу после разборки направляются в литейный цех для отливки в бронзе. Статуи высотой до 2 м, которые не льют сразу, оставляют для сушки в собранном виде. Однако перед этим их необходимо разобрать, места стыка и *«усенки»* смазать, припудрить тальком, после чего вновь собрать. Эта операция необходима для того, чтобы сырая скульптура по шалнерам не склеилась после высыхания.

3.4.8. Особенности формовки статуэток животных

Распределение раковин при формовке животных сложный процесс. Определенные трудности имеет формовка статуи (*статуэтки*) лошади, так как тонкая форма ног и большой объём свободного пространства между ногами, затрудняют процесс.

При нанесении линии раздела формовки придерживаются принципа, что она должна быть горизонтальной и проходить через лоб, туловище и верхнюю часть хвоста. Голова и хвост также делятся пополам. На всех четырёх ногах, с наружной стороны пластинами выкладывают окна для удаления глины или пластилина. Полость формы делается таким образом, чтобы фиксировать динамичное положение всех частей фигуры. В данном случае в основную половину формы войдут туловище, часть головы и хвоста. Верхнюю часть формы делают из нескольких частей — шеи, спины и хвоста. Фиксацию с основными частями формы необходимо производить с помощью замков.

Гипс наносят кистью, вначале – цветной, а затем и белый. Разнимают форму обычным способом. Пластилин удаляют через образовавшиеся отверстия.

Перед заливкой в ноги укладывают проволочный каркас, закрепляя его в плинте. Всю форму покрывают смазью, а заливку производят по частям.

Каркас укладывают через отверстия, таким образом, чтобы он не доходил до поверхности на 8 - 10 мм. Ноги статуэтки заливают гипсом через туловище, каждую отдельно, тоненькой струёй. Затем заливают туловище лошади и весь плинт.

Голову и хвост заливают с использованием каркасов. Последней заливают верхнюю часть формы спины через специально проделанное отверстие. Расколотку формы делают осторожно из-за хрупкости изделия.

3.5. Кусковой способ формовки художественных произведений

В практике изготовления художественной скульптуры издавна применяют кусковой способ формовки. Форма, выполняющая сложную поверхность скульптуры, составляется из отдельно набитых по модели кусков, которые закрепляются на своих местах. Для кусковой формовки используют песчано-глинистые формы и чаще всего парные опоки.

Использование кускового способа формовки связано со сложной поверхностью художественного произведения — модели, так как набитая песчано-глинистая форма не может быть снята с модели без разрушения. Наличие впадин и выступов с поднутрениями мешает процессу извлечения модели и осложняет процесс формовки. Поэтому процесс уплотнения формы заключается в разбивке всего цикла на отдельные операции, выполняемые поочерёдно, для формовки указанных впадин и выступов отдельными кусками, которые после извлечения модели укладываются на свои места, образуя требуемый профиль.

Набивка отдельных кусков сложный процесс, требующий опыта работы и хорошего знания технологического процесса формовки. В частности, при набивке отдельных кусков необходимо использовать достаточно прочные материалы, так как различные операции с готовыми кусками могут привести к их разрушению. Для этого используются различные песчано-глинистые смеси в которых содержание исходных компонентов — песка и глины, а также их реологические свойства могут существенно отличаться. Для повышения прочности смесей применяют специальные связующие вещества. На протяжении длительного времени для кусковой формовки использовались смеси с большим содержанием глины — жирные пески или смеси, в которые специально вводилась глина, особенно ценились высокопрочные глины (типа бентонита).

Для получения художественных отливок с чистой поверхностью применяют мелкозернистые пески и покрывают поверхность форм противопригарными красками, кроме того, особо сложные формы дополнительно сушат. Поэтому процесс изготовления форм разделяют на формовку в кусках по-сырому, когда сушку не производят.

Качество изготовления кусковых форм зависит от квалификации формовщика, так как этот сложный способ формовки зависит от количества составных кусков и их формы. Чем меньше составных частей, тем меньше криволинейных разъёмов, меньше «облоя» металла после заливки, который при некачественной формовке бывает грубым и может форму произведения при зачистке. то В квалифицированный формовщик обычно точно определяет оптимальный размер и количество частей, так чтобы работа с кусками была простой. Значительные по размерам куски труднее уплотнять, работа с ними из-за значительных размеров затруднена и возможность их разрушения более вероятна даже при наличии металлических каркасов. В специальной литературе указывается, что размер куска должен быть в пределах $150 \times 100 \times 50$ мм (масса 1,5 – 2,0 кг).

Сложность встречающихся в практике моделей скульпторы условно разделяют на четыре группы, хотя некоторые модели в разных местах могут иметь разную сложность:

- модели с простой поверхностью;
- > модели с поверхностью средней сложности;
- > модели со сложной поверхностью;
- модели с особо сложной поверхностью.

Модели с простой поверхностью обычно имеют гладкую поверхность и поднутрения, но без каких-либо складок. Такие модели можно формовать в кусках любых размеров, но в пределах допустимой массы. Места поднутрений формуются в кусках малых размеров для упрощения работы. Пример модели с простой поверхностью показан на рис. 3.21.



Рис. 3.21. Модель с простой поверхностью. Курос. Греция. VII в. до н.э.

У моделей с поверхностью средней сложности обычно большое количество различных складок с поднутрениями, но отсутствуют резкие изломы (*puc. 3.22*).

К моделям со сложной поверхностью скульпторы относят модели, у которых поверхность взаимно состоит ИЗ ряда пересекающихся складок c резкими Пример изломами поднутрениями. И показан на рис. 3.23.

Модели с особо сложной поверхностью имеют тонкий узорчатый рельеф, с большим количеством изогнутых складок и большим количеством поднутрений (puc. 3.24).

При формовке моделей сложной co обычно поверхностью масса кусков уменьшается, а их число возрастает. Поэтому основой кускового способа формовки является рациональное деление поверхности модели. В этом случае формовщик, работая вручную должен правильно расположить модель в опоке чтобы формовочной тем. В смеси наибольшая отпечаталось площадь поверхности, а сложная часть с меньшим количеством кусков.

При формовке моделей сложной поверхностью обычно кусков масса уменьшается, а их число возрастает. Поэтому основой кускового способа формовки является рациональное деление поверхности модели. В этом случае формовщик, работая вручную должен правильно расположить модель в опоке чтобы формовочной тем, В смеси наибольшая отпечаталось площадь поверхности, а сложная часть с меньшим количеством кусков.



Рис. 3.22. Модель с поверхностью средней сложности. Ф.Ф.Звездин. Девочка в молитвенной позе. Бронза. Нижнетагильский завод. Середина XIX века

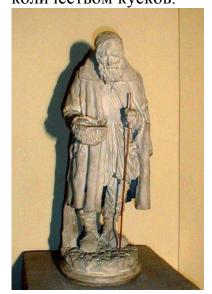


Рис. 3.23. Модель со сложной поверхностью. Л.В.Позен. Нищий. 1886



Рис. 3.24. Модель с особо сложной поверхностью. Е.А. Лансере. Святослав на пути в Царьград. Бронза. 1886

Особенности изготовления кусковых форм При изготовлении кусковых форм имеет место увеличение объёма и коробление отдельных кусков, что ведёт к заскокам и неправильной их сборке. Поэтому целесообразно гипс замешивать на известковой

воде, которая способствует снижению коробления и расширения. Кроме того, гипс становится более твёрдым и прочным.

Гипс для кусков должен замешиваться густым, так как он становится более твёрдым и прочным. Густота для всех кусков должна быть одинаковой, иначе могут появиться заскоки.

На вертикальных боковых частях куски от падения удерживают скобами. Если необходимо снять скобу, то для удержания падающих кусков применяют подливку гипса. Затем на этот гипс наливают раковину.

На кусках боковых частей, расположенных вертикально, обычные круглые замки не применяют. Куски оставляют гладкими или в качестве замков используют длинные расширяющиеся кверху углубления.

3.5.1. Кусковая формовка бюста

Представить способ кусковой формовки можно путём сравнения с формовкой бюстов. Известно, что форма бюста (описано ранее) состоит из передней сложной раковины и задней более простой. Если эти раковины собрать и получив форму залить её гипсом, то мы получим гипсовую отливку бюста. Однако разобрать такую форму практически невозможно, для одной отливки форма уничтожается при снятии с готового бюста. Задняя половина не имеет поднутрений и может сниматься, а передняя, копирующая уши и другие формы лица не снимается. Для того, чтобы можно было снять форму с бюста необходимо её распилить на отдельные собрать эти части затем под новую однако возможным, их невозможно удержать по сложному представляется разъёму. Поэтому производят формовку бюста сразу из отдельных кусков. Для этого разбивают переднюю раковину на несколько легко съёмных с модели кусков, которые накрывают одним общим кожухом, фиксирующим место и положение отдельных частей. Таким образом, форма будет состоять из двух раковин, передняя – будет иметь два слоя, первый слой – куски, второй слой, объединяющий куски в переднюю форму.

Модель, с которой необходимо снять кусковую форму, покрывают до блеска шеллачным лаком. После этого тщательно проанализировав модель, наносят линию расположения разъёма кусков, помня о том, что каждый кусок должен сниматься с модели, не повредив её. Карандашом намечают линию раздела бюста на переднюю и заднюю раковины. Теперь линия разъёма за ушами пройдёт несколько дальше, чем при черновой формовке, таким образом, чтобы сзади осталась небольшая затылочная часть. Задняя часть формы должна легко сниматься с модели целиком.

Передняя часть формы становится сложной, так как состоит из большого количества кусков.

Формовку начинают снизу – с основания (nodcmaвки), с её правой стороны. Сторону обрабатывают смазью и на плоскости огораживают глиняным барьером. После чего, разводят гипс, выдерживают его до загустения и лопаткой накладывают первый кусок толщиной 15-20 мм. После затвердевания гипса, убирают глину, снимают кусок и обрезают

края, делая их ровными и гранёнными (*нижнюю плоскость равняет плоскостью стороны*, Затем аналогичным образом формуют кусок с левой стороны, симметричный первому. Далее отдельными кусками формуют боковые — заушные части. Все отформованные части обрезают, смазывают и укладывают на место. Таким образом, отформованы четыре куска модели.

Пятым куском является подбородочная часть, её линия раздела проходит по краю нижней челюсти. С помощью шестого и седьмого кусков формуют боковые — симметрично расположенные височные части. Восьмой и девятый куски, выполняют лобно-скуловые симметричные части. Эти части проходят по осевой линии лица. Десятый кусок накладывают на теменную часть головы, замыкая форму. Для того, чтобы куски не рассыпались, применяют пружинящие проволочные скобы — «экимки».

После укладки всех кусков видна линия разъёма будущей передней раковины формы. При этом очевидно, что куски обрезались по геометрическим граням, и к передней части лица образовался конус, и наиболее широкой частью является задняя заушная, а самой узкой — носоподбородочная часть.

Правильная и надёжная фиксация всех кусков в кожухе производится с помощью замков: круглых сверлённых, граненых засечек и горизонтальных желобков. Оставшуюся переднюю часть, на подставке, совмещают при формовке с общим кожухом. После полной сборки всех кусков их покрывают смазью и наливают гипс толщиной 30 – 40 мм – кожух передней части формы. Заднюю часть, как наиболее простую, выполняют одним куском.

Когда гипс затвердеет, форму укладывают на затылочную часть и снимают передний кожух. Затем куски из кожуха вынимают в обратном порядке, как они были уложены при формовке – вначале теменной кусок, затем лобно-скуловые, подбородочные и т.д. Все извлечённые куски укладывают на своё место в кожух и собранную таким образом форму связывают и оставляют для сушки в тёплом месте. По мере высыхания форму дополнительно стягивают.

Высохшую форму несколько раз покрывают шеллачным лаком до появления блеска на поверхности.

Перед заливкой кусковую форму разбирают, смазывают все куски и опять укладывают в форму. Кожухи соединяют между собой, крепко связывают и заливают. Разборку формы производят через полчаса. При этом каждый кусок очищают от затёкшего гипса, смазывают и укладывают на место в кожухе.

3.5.2. Формовка фигуры человека

Формовка фигуры человека более сложная, чем формовка бюста. Тем более, что фигура обычно выполняется по частям — голова и руки соединяются шалнерами с торсом.

При изготовлении кусковой формы с модели человека необходимо учитывать, что гипс расширяется при схватывании, и снятые с модели куски для обрезки могут не занять при установке свои места. Во избежание этого гипс замешивают на известковой воде. Кроме того, каждый раз необходимо замешивать гипс одинаковой густоты, так как при разном усыхании в форме образуются щели. Для удержания кусков от падения, в процессе работы используют различные скобы и проволоку. Для извлечения кусков из труднодоступных мест используют петли. Кроме того, фигуру отливают с применением внутренних каркасов.

3.5.3. Формовка рельефов и горельефов

Перед работой рельеф и горельеф укрепляют на плоскости. Это можно делать, укладывая модель на гипс. Затем переходят к изготовлению плиты

На гладкую поверхность укладывают модель и очерчивают контур, подлежащий формовке рельефа (modenb убирают). На расстоянии 50-60 мм от первого контура, очерчивается второй. По второму контуру укладывают небольшой барьер из любого материала, высотой равной толщине плиты, обычно 20-50 мм (hanpumep-npu размере nnumin 400×600 мм, monuqua donxa donxa

Чистые и кусковые формы

Простейший рельеф — это рельеф, у которого выступы расширяются к низу, а впадины к верху. Такое построение рельефа не имеет поднутрений и если на него налить слой гипса, то после его затвердевания, гипс легко снимается с модели.

Формовку такого рельефа начинают с размещения модели на ровной поверхности (*деревянные щиты, металлические листы и т.д.*) и закладывания бокового куска. Гипс разводят и после небольшого загустения, накладывают на одну из боковых частей, поднимая его на 10 – 20 мм выше края модели, шириной от 30 до 50 мм. Пока гипс не затвердел,

в него закладывают оцинкованную проволоку необходимой длины и толщиной 5-10 мм. Сформованные боковины, обрезают лопаткой, делая скос в обе части куска. Первый скос в направлении к верхнему краю модели и на расстоянии от него 10 мм и второй скос – к наружному краю куска. Наружный край также обрезают, скашивая его кверху, начиная с одной трети его высоты.

Пока этот кусок твердеет, закладывают второй. Затвердевший кусок снимают и обрезают, при этом его внутренний верхний край — *«усенка»*, должна точно прилегать к верхнему краю модели. Торцовые части куска также должны быть скошены в соответствии с верхней частью. Для того, чтобы обрезанные куски не сдвигались их укрепляют с помощью жёсткой проволоки толщиной от 6 до 7 мм. Проволоку сгибают скобкой и надевают на куски так, чтобы они прижимали их к модели.

Аналогичным образом закладывают куски на коротких сторонах модели. Их стягивают скобами и на кусках лопаткой делают круглые замки. Вокруг кусков снизу, и чуть выше линии скоса, выкладывают из глины плоское поле шириной $20-30\,$ мм, обносят его барьерчиком, смазывают модель и куски, снимают скобки и наливают гипс раковины.

После затвердевания гипса, глину удаляют и раковину снимают. Затем, отняв от модели короткие и длинные боковые куски, их вкладывают в раковину.

Формовка рельефа без боковых кусков

Если боковые стороны рельефа не подлежат формовке, боковые куски не закладывают, а делают вокруг модели барьер с помощью деревянных брусков. Бруски должны быть выше модели на 20-30 мм, в зависимости от её величины. Щели между брусками замазывают глиной. Затем заливают гипс и после его затвердевания, форму снимают с модели. Если снятие формы затруднено, устраивают так называемый *«подъёмный кусок»*.

Замешанный гипс наносят кистью на один из углов рельефа, после того как гипс начнёт садиться, лопаткой накладывают кусок в зависимости от величины модели длиной $100\,$ мм и толщиной $20-30\,$ мм. В середину куска вкладывают петельку из проволоки. Снятый кусок гладко обрезают со всех сторон, причём боковые края куска должны быть скошены кверху, а *«усенка»*, прилегающая к модели срезана на угол равный 70° .

Готовый кусок укладывают на место, с которого он был снят, петелька замазывается глиной, чтобы на неё не попал гипс, и на смазанный кусок и модель наливают форму или раковину. При подъёме раковины, инструмент вставляют в шов между куском и раковиной, снимают форму и затем укладывают назад в полость раковины.

Формовка сложного рельефа

Под сложным рельефом понимают, рельеф, содержащий выступы и углубления с обратным конусом, впадины расширяются книзу, а выступы кверху. Гипсовая раковина с такого рельефа не снимается.

Формуют такой рельеф в следующей последовательности. Вначале закладывают боковые куски вокруг рельефа. Затем мягким карандашом намечают границы будущих кусков и закладывают их. Куски делают большими по размеру с учётом на обрезку и выравнивание. При этом главным условием разметки модели является возможность снятия кусков с модели. Обрезку и выравнивание кусков производят, как правило, на месте не снимая с модели, пока гипс не затвердел. В каждый кусок вкладывается петелька для упрощения его извлечения.

Основным условием обрезки кусков является — острые края *«усенки»* у модели обрезают по самому её высокому месту. При обязательном скашивании *«усенок»* обрезкой, кромка не должна быть острой. Верхние очертания кусков должны быть закруглены или иметь тупой угол. Обрезанный кусок укладывают на модель и следят за его плотным прилеганием. Особенно осторожно обращаются с тонкими и узкими кусками, оформляющими углубления. Уложенный на место кусок и часть модели расположенную рядом тщательно смазывают. После впитывания мази, её излишек убирают кистью.

Для экономии времени на затвердевание гипса закладку кусков можно производить в разных местах рельефа. Рядом с уложенным куском, намечают очертания следующего, и так до полного заполнения всей поверхности модели. Если рельеф имеет участки сложной и простой формы, то в кусках выполняют сложный рельеф, а простую часть получают, изготавливая общую раковину. После закладки кусков на каждом из них делают замки, поверхность смазывают и наливают общую раковину. Места расположения петелек замазывают глиной.

Разъём начинают со съёма общей раковины, затем в неё укладывают куски, по порядку их закладывания при изготовлении. Необходимо помнить, что замки на кусках разнообразят, чтобы не встречались одинаковые.

3.5.4. Гипсовая форма из двух раковин

Изготовление гипсовой формы из двух раковин рассмотрим на примере статуэтки. По боковым частям статуэтки мягким карандашом проводят разделительную черту, её проводят по самым высоким и гладким частям. Затем на щит или плиту укладывают кусок мягкой глины, а в него модель до намеченного разъёма. Вокруг модели, после вдавливания в глину, оставляют узенькую полоску толщиной 3-4 мм. Вокруг полоски формуют из гипса поле или кромку шириной 30-80 мм в зависимости от величины модели. Кромка после обрезки должна совпадать с линией

разъёма, а глиняная полоска, выровненная по контуру, должна быть ниже линии разъёма на 1 мм.

Первые куски закладывают по бокам модели, а затем, как и при формовке сложного рельефа строго по линии разметки. Сделав раковину, её переворачивают вместе с моделью, глину убирают. «Усенки» готовой формы обрезают и приступают к закладыванию второй раковины. Её первые куски закладывают по краям, непосредственно к «усенкам» первой раковины, и делают замки. Края кусков или «усенки», делают шириной не менее 20 мм.

После окончания закладки кусков на второй половине модели, наливают раковину, и очистив разъём от подтёков гипса, разнимают.

3.5.5. Форма с боковыми кусками

С боковыми кусками делают модели сложной формы (сидящие фигуры, группы людей), т.е. с боку располагается сложный рельеф. Боковые раковины делают более широкими, чтобы передняя и задняя раковины были менее объёмными и с меньшим количеством кусков. Для предотвращения коробления удлинённых боковин их разбивают на несколько частей. Боковые куски накладывают на модель в вертикальном или в горизонтальном положении. Уложенные в модель куски удерживают скобами. Затем модель, при необходимости, поворачивают горизонтальное положение и закладывают более простую и гладкую часть. После формовки в кусках этой поверхности, делают замки на «усенки» боковых кусков и наливают раковину. Аналогично закладывают и вторую половину модели. Затем форму разбирают.

Особенностью изготовления таких форм является наличие приспособлений для удержания кусков в раковинах при повороте форм. Выпадающий кусок удерживают через отверстие, просверленное в раковине или другим способом.

Снятую с модели форму собирают, скрепляют и сушат. Выпадающие куски сушат отдельно. Внутренние части формы сохнут медленнее, чем наружные. Поэтому, после сушки раковин и боковых частей, когда опасность коробления прошла, форму разбирают и не просохшие куски досушивают. Однако из-за неравномерного расширения гипса возможно несовпадение разъёмов, их подчищают сеточками и исправляют поломки.

Высушенную и подчищенную форму в разобранном виде, слегка нагретую, покрывают горячей олифой и после её впитывания, куски и раковины покрывают до блеска спиртовым лаком. Обычно лак наносится в три приёма.

3.6. Клеевые формы

Клеевая формовка сочетает в себе элементы черновой и кусковой формовки. Материалами для клеевой формовки являются — желатин, столярный клей, квасцы, тальк, оливковое масло и соответствующая посуда.

Клеевая формовка, как и черновая, может выполняться в формах состоящих из двух половин. Клеевая масса представляет собой эластичный материал, который легко снимается со сложного рельефа. В то же время при правильной эксплуатации такая форма может использоваться для производства небольших серий отливок.

При выполнении клеевой формовки модель обкладывают слоем глины заданной толщины, после чего изготавливается кожух. После снятия кожуха глина удаляется, модель смазывается разделительным составом, кожух собирается вновь и в пространство между моделью и кожухом заливается приготовленная клеевая масса. Как только масса затвердевает, форму разбирают. Затем клеевую часть формы возвращают на своё место в кожух, раковины собирают, смазывают и заливают гипсом.

Клеевая формовка имеет преимущество перед кусковой, так как она предусматривает всего две половинки формы по сравнению с большим количеством кусков. Кроме того качество отпечатка в эластичных формах выше и сам процесс формовки проще.

К недостаткам клеевой формовки относят недолговечность форм из желатина и столярного клея. Использование для клеевых форм современных материалов, позволяет полностью решить проблему долговечности.

3.6.1. Особенности формовки моделей из воска и пластилина

При изготовлении модели из твёрдых пород пластилина или воска, их лучше формовать способом клеевой формовки или с применением других эластичных материалов. Применение черновой формовки в этом случае затруднительно, так как снятие раковин с твёрдых материалов не обходится без разрушения формы. Во избежание разрушения формы её перед снятием прогревают. Пластилин или воск размягчаются, и снятие формы значительно облегчается.

Использование мягкого пластилина для модели затрудняет нанесение первого цветного гипса, так как из-за его жирности он скатывается до тех пор, пока не начнёт сгущаться, и на его поверхности образуется большое количество мельчайших пузырьков. Образования пузырьков можно избежать опрыскиванием модели керосином, продувкой жидкого гипса воздухом и нанесением гипса на модель не рукой, а мягкой кисточкой. При работе с воском эти операции отсутствуют, так как воск

плотный и гладкий материал, в который гипс не впитывается и хорошо растекается по его поверхности.

Жирный пластилин, имея сильную пористость, хорошо впитывает воду из гипса и становится матовым, если толщина слоя гипса мала. Если наносимый слой составляет 2-3 мм матовость отсутствует. Кроме того, поскольку жирный пластилин долго соприкасается с гипсом, он пропитывает его, окрашивает в бурый цвет и разъедает. После этого, форма пристаёт к отливке, которая может быть повреждена. Опрыскивание керосином защищает гипс от разъедания, но требует промывки формы горячей водой.

3.6.2. Подготовка моделей к гипсовой и клеевой формовке

Первой операцией для подготовки модели к формовке является отделение выступающих частей. Для этого намечают линию, по которой будут отрезаны отъёмные части. Поперёк линии прочерчивают метки для будущей сборки модели. Намеченные отъёмные части отрезают с помощью лобзика волосной пилкой, свитой проволокой или металлической пилкой. Использование тонких пилок позволяет получать тонкий распил и плотное соединение *«усенок»*.

Модель, с которой будет изготовлена клеевая или кусковая форма, смазывается жирной мазью, для того чтобы гипс или клей не повредили модель. Жирная мазь должна накладываться тонким слоем, в её качестве можно использовать смесь стеарина, керосина и вазелинового масла. Для того, чтобы избежать впитывания жирной смазки в гипс, сухую, чуть нагретую модель, пропитывают горячей олифой, которая её дополнительно упрочняет. Через некоторое время пропитанную олифой модель натирают до блеска столярным спиртовым лаком. Если местами поверхность становится матовой, её повторно покрывают лаком. После этого модель еще раз жирно намазывают мазью. Следует помнить, что при нанесении цветного гипса на мазь, керосин может растворить маслянистое вещество смазки, поэтому необходимо следить, чтобы олифа хорошо впиталась в модель.

Эта технология применяется при использовании гипсовых моделей, при использовании других материалов, модели формуются целиком без отделения отъёмных частей и смазывания.

3.6.3. Клеевая формовка рельефа

Процесс формовки рельефа начинают с покрытия поверхности модели несколькими слоями шеллачного лака. Затем рельеф укладывают на ровную поверхность, оставляя вокруг модели 50-60 мм свободного пространства. Модель рельефа смазывают и покрывают сырой тонкой бумагой. Затем поверх бумаги на модель накладывают слой глины

толщиной 15 мм. При обкладке модели глиной её поверхность формуют на небольшой конус, который должен облегчить снятие гипсового кожуха.

Глиняный пласт, наложенный на модель, продолжают и в пространство за моделью на плоскость стола, который оканчивается глиняным валиком. Поверхность глиняного слоя выравнивают рукой смоченной в воде и покрывают смазью. Вокруг рельефа, на некотором расстоянии от валика, делают из глины рамку для замков, и на расстоянии 25 – 30 мм выкладывают небольшой барьер, предохраняющий растекание гипса по поверхности стола.

Гипсовый раствор, имеющий нужную консистенцию, укладывают на глиняную поверхность в форме кожуха. После затвердевания гипса, кожух снимают с модели, выскабливают его внутреннюю поверхность и убирают с модели бумагу и глину. В центре кожуха, над плоскими участками модели, просверливают отверстия диаметром 20 — 30 мм через которые будет заливаться клеевая масса. Над высокими частями модели просверливают отверстия диаметром 10 мм для выхода воздуха из кожуха при заливке клеем. Все отверстия выполняют конусными, с расширением во внутрь формы.

Подготовленный гипсовый кожух перед заливкой клеем высушивают, пропитывают горячей олифой и через день покрывают до блеска шеллачным лаком. Кроме того, внутреннюю поверхность кожуха покрывают разделительной смазкой и присыпают тальком. Иногда эту поверхность проклеивают бумагой пропитанной мыльной пеной и только после этого покрывают разделительной смазкой.

Затем модель также смазывают, накрывают кожухом по замкам и нагружают или плотно прижимают, так как при заливке он может подниматься клеем. После этого в заливочное отверстие устанавливают покрытую смазкой металлическую воронку и производят заливку.

Если при заливке используют технический желатин, то его предварительно замачивают в течение 15 мин. Затем кладут в посуду и варят 1,0-1,5 часа при энергичном помешивании. Температура варки должна быть не выше 80 °C. После клей остужают до 60-70 °C и сняв с поверхности плёнку, заливают в форму. При заливке форму нагружают, остывание клея протекает в течение 10-20 часов.

После затвердевания, снимают гипсовый кожух и клей, который затем укладывают назад в кожух. Предварительно, кожух очищают от бумаги и смазки, припудривают тальком. Поверхность клея укрепляют раствором квасцов и через 4 — 5 часов сушки приступают к отливке рельефа. Предварительно поверхность клея также покрывается смазкой.

Клеевые формы для простых рельефов

Вокруг укреплённой модели на поле плиты (*плита увеличена на* 50-60 *мм*), на расстоянии 20-30 мм от неё устанавливают барьер из дощечек

или других материалов. Высота его должна быть на 10 мм выше самого высокого места модели.

До установки барьера, модель смазывают большим количеством мази, остатки которой через 10-15 мин (после впитывания) удаляют. Барьер после установки также смазывают изнутри, и модель заливают клеем.

После застывания клея, барьер удаляют, снимают клей с модели и полость формы промывают квасцами.

Кожухи для клеевых форм со сложным рельефом

Формовка сложного рельефа состоящего из высоких частей и впадин, непроста, так как глубокие места оригинала соответствуют более толстому слою резины. Поэтому снять клеевую форму, не разрушив модель невозможно. Для этого клеевая форма должна иметь равномерную толщину, что достигается изготовлением на такую модель *«кожсуха»* или раковины.

Модель устанавливают на плиту, укрепляют её, смазывают накрывают сырой бумагой. Бумага должна плотно прилегать поверхности модели и предохранить от загрязнения сырой глиной. Глину на модель наносят слоем толщиной 15 мм и, кроме того, все выступы и иметь конус ДЛЯ извлечения раковины. должны необходимости слой утолщают. Скатывают валик из глины толщиной 10 – 12 мм и обкладывают им глиняный пласт на гипсовой плите. Поверхность глины выглаживают, смоченной в воде рукой и наносят смазку. Вокруг модели на расстоянии 25 – 35 мм укладывают глиняный барьер такой же высоты. Затем модель обкладывают слоем гипса высотой 15 - 20 мм. После затвердевания раковину снимают, а глину и бумагу удаляют.

В «кожухе» (раковине) на простом, ровном участке, прорезают отверстие диаметром от 20 до 40 мм для заливки в форму клея. Над наиболее высокими частями модели просверливают отверстия диаметром 10 мм, для выхода воздуха при заполнении формы клеем. Если «кожух» имеет удлинённую форму, то делают две воронки для заливки. Рекомендуется ещё при изготовлении гипсовой раковины, на глину, устанавливать в нужных местах конусообразные резиновые пробки нужной величины. Пробки легко удаляются из «кожуха» и служат центровочными отверстиями для клеевой формы.

До изготовления *«кожуха»*, на краях полей плоскости, на которой закреплена модель, делают из гипса небольшие возвышения, после обрезки они играют роль замков. По этим замкам собирают и центруют раковину.

Когда кожух высушен, его немного нагревают и пропитывают горячей олифой, а после её впитывания, покрывают столярным спиртовым лаком.

«Кожух» обильно смазывают смазкой и сверху присыпают слоем талька. Иногда клеевая форма прилипает и ломается при снятии. Для устранения поломок раковину поверх смазки покрывают бумагой, которую наклеивают взбитым мылом. Бумагу также густо смазывают. Хорошо, если при заливке клея бумага ещё влажная от мыльной воды, что способствует лёгкому снятию «кожуха». Специалисты рекомендуют вместо бумаги применять свинцовую или алюминиевую фольгу. При использовании фольги «кожух» не покрывают спиртовым лаком, а любым масляным, на который после частичного загустевания клеят фольгу.

Подготовленный *«кожух»* укладывают на модель и скрепляют. Устанавливают заливочную воронку (*можно приморозить гипсом*) и заливают клей. После застывания клея, воронку отрезают, очищают от глины все отверстия и *«кожух»* снимают. Затем в него вкладывают снятый в форму клей, промывают квасцами и приступают к отливке.

3.6.4. Изготовление клеевой формы горельефа

Горельеф является промежуточной ступенью между рельефом и круглой скульптурой, и составляет три четверти объёма последней. Формовка горельефа аналогична формовке обычного рельефа, однако «кожух» для него изготавливают из нескольких частей – главной раковины и нескольких боковых. Это обусловлено тем, что нижний слой глины вокруг модели тоньше, чем в верхней части и гипсовую модель невозможно снять. Поэтому на глиняный слой углублённых боковых частей модели изготавливают боковые куски, высотой с которой главная раковина легко снимается. Верхние края боковых кусков делают шириной 20-40 мм, и на них высверливают замки. После затвердевания гипса, снимается верхняя раковина, а затем боковые куски. Очень часто при снятии клея с горельефа, клей необходимо разрезать. В остальном всё выполняют как при формовке рельефа.

| ХУДОЖЕСТВЕННОЕ И ЮВЕЛИРНОЕ ЛИТЫ | £ |
|---------------------------------|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| 1// | |

ГЛАВА 4

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК, НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ И РЕСТАВРАЦИЯ

В настоящее время существует множество видов художественной обработки металлов. Большинство способов возникли очень давно, но используются и сейчас, например ковка, гравирование, дифовка, чеканка, басма, насечка, наводка и др. В процессе технического развития возникли электрохимические способы обработки (гальванопластика, гальваностегия), виброабразивные и т. п., разработаны новые способы литья (по газифицируемым моделям и др.). Несмотря на то, что для изготовления художественных и ювелирных изделий используется современное оборудование, ручная обработка металлов по-прежнему остаётся необходимой при отделке уникальных произведений.

Современное декоративно-прикладное искусство развивается не только отдельными мастерами, но и группами специалистов, которые для претворения художественного замысла, должны подобрать способы обработки и соответствующее оборудование. Различные металлы, обладая определенным комплексом физико-механических свойств, имеют эстетического характерные особенности восприятия поверхность и т. п. Последующая обработка изделия, выполнить художественный замысел скульптора или качественно ювелира. В частности отливки не имеют острых углов, поэтому требуют дополнительной гравировки и чеканки. Обработка металла резцами позволяет получить острую кромку – чёткость изображения, и в то же время использование дифовки и штамповки при обработке дают мягкость и пластичность форме изделия. Эти особенности влияния обработки металла на художественную ценность произведения, учитывают мастера при их проектировании.

4.1. Художественная ковка

Одним из древнейших способов обработки металлов является ковка. При ковке холодного металла — холодная ковка, горячего металла — горячая ковка. Под ударами более твёрдого инструмента — молота, металл деформируется до заданной формы. Не все металлы деформируются без

образования трещин и отслаивания наклёпа, а только, обладающие высокой вязкостью и пластичность. Но даже эти металлы необходимо готовить для ковки, проводя термическую обработку и нужную перекристаллизацию. Поэтому понятие ковкость металла связано с целым рядом его свойств и состояний. Нагрев металла до определённых температур позволяет улучшить его ковкость.

Хорошую ковкость имеют чистые металлы, особенно при холодной обработке. Поэтому древние кузнецы легко обрабатывали самородные медь, золото и метеоритное железо. Особенно высокую ковкость имеют драгоценные металлы – золото и серебро.

выполнении ковки металл уплотняется ПОД инструмента, его поверхностный слой наклёпывается и может разрушаться проведения отжига _ изменения формы размера зерна (рекристаллизации). Таким образом, холодную ковку проводят путём попеременной деформации металла и его отжига. Обычно эту операцию проводят при изготовлении индивидуальных, уникальных ювелирных изделий.

Интересно, что древние кузнецы, литейщики и ювелиры достигли необыкновенного мастерства, используя самые простые приспособления и инструменты. Мастера Америки пользовались жаровней, тиглем из глины и гладкими твёрдыми камнями, которые служили им вместо молотков и наковальни. Вместо кузнечных мехов они использовали трубки для вдувания воздуха. Воздух подавался к древесному углю, обеспечивая горение и достижение заданной температуры плавления золотого песка и самородков, выплавки меди из руды. Маска, найденная в Южной Колумбии (рис. 4.1), выполнена из сплава золота и меди — тумбага. Она является примером использования технологии изготовления орнамента на металлах. Кузнец наносил рисунок на металлический лист, так, чтобы линии были видны на его обратной стороне. Затем лист переворачивали, укладывали на упругий материал и молотком превращали в трёхмерный предмет. Маска, вероятно, накладывалась на деревянную маску и крепилась к ней с помощью булавок (отверстия от булавок видны).

Горячая ковка применяется в обработке низкоуглеродистых сталей (содержание углерода не выше 0,1-0,2%) при производстве художественных изделий и простого инструмента. Так как для ручной свободной ковки металлы и сплавы должны иметь высокую пластичность.



Рис. 4.1. Маска (пример нанесения орнамента)

Слесарный кузнечный И инструмент изготавливают твёрдых марок сталей инструментальной углеродистой легированной. Эти стали после соответствующей термической обработки приобретают высокую твёрдость и износостойкость.

Обычно ковка стали производится в нагретом состоянии и при нагреве металл становится пластичным, хорошо деформируется. Для низкоуглеродистых марок стали температура нагрева составляет 1100

– 1300 °C, а температура окончания ковки − 800 − 900 °C. В случае необходимости ковать стали с большим содержанием углерода, температуру ковки необходимо выбирать в соответствии с маркой. Во всех случаях с ростом количества углерода температура нагрева понижается, а сопротивление деформации возрастает.

Нагрев металла для ковки производится различными способами в зависимости от типа металла или сплава и его массы. Простейшим оборудованием, известным с давних времён, является кузнечный горн. Горны бывают переносными и стационарными, открытого и закрытого типов. Наиболее распространены горны открытого типа, они просты в обслуживании и удобны в работе. По конструкции горн это печь для нагрева металла, в которой топка открыта и имеет принудительную подачу воздуха. В качестве топлива в горнах используют древесный или каменный уголь.

С древнейших времён конструкция горна многократно менялась, основным же остаётся то, что необходимо иметь выполненное из огнеупора углубление, дно которого закрыто решёткой (горнило), в этом углублении располагается топливо, а снизу через решётку в него подаётся воздух. Воздух ранее подавался мехами, в наши дни с помощью вентилятора. Над горном обычно располагается вытяжка для удаления продуктов сгорания.

Кузнечный горн разжигают следующим образом. В горнило на колосники насыпают тонкий слой угля. Сверху кладут мелкие щепки и слой древесной стружки, которые смачивают предварительно керосином, затем сверху укладывают сухие дрова. После начала горения стружки и дров, насыпают ещё один слой угля и включают дутьё. По мере сгорания топлива горн раскаляется докрасна, после чего его можно использовать для нагрева стальных заготовок. Необходимым условием работы, является обрызгивание угля водой, чтобы сверху образовывалась корочка,

удерживающая внутри угольной массы высокую температуру. Заготовку обычно зарывают в горячие угли и засыпают свежим углём. Спекшийся свод из твёрдой корки должен быть в процессе работы всегда целым, для этого всё время подгребают свежий уголь от краёв к центру. Заготовку следует закладывать подальше от фурм и периодически поворачивать, при этом постоянно регулируя дутьё, чтобы пламя над горнилом было слегка коптящим, нейтральным.

При подаче в горн избытка воздуха пламя становится *«острым»*, и возникает местный перегрев металла и возможно его оплавление. Кроме того, избыточный воздух (*его кислород*) сильно окисляет металл с образованием окалины. В результате металл угорает — теряется, качество заготовки снижается. Также при длительном нахождении заготовки в горне металл перегревается, что способствует укрупнению зерна и ухудшению качества поковки.

При нагреве, отжиге или закалке заготовок температуру можно контролировать термопарами или оптическими пирометрами, а также по цвету каления. В процессе разогрева стали, на её поверхности проходят цвета побежалости от светло-жёлтого до серого. Затем появляется первый цвет каления. Последовательно по мере нагрева металл пройдёт такие стадии: тёмно-красный — 650 °C; вишнёво-красный ~ 700 °C; светло-красный — 800 °C; оранжевый — 900 °C; оранжево-жёлтый — 1000 °C; светло-жёлтый — 1100 °C; соломенно-жёлтый — 1150 °C; белый (белое каление) — 1200 °C. При дальнейшем нагреве до температуры 1400 °C цвет не меняется, а становится более ярким. Ковку стали начинают обычно при температуре белого каления — 1300 °C, а прекращают, когда металл станет оранжевым ~ 900 °C.

Для художественной ковки, в основном применяют сталь с содержанием углерода от 0.1 до 0.3 %. Эти стали очень пластичны, мягки, хорошо режутся и свариваются.

Кузнечные инструменты

Кузнец пользуется в работе большим количеством инструментов, по назначению они подразделяются на опорные, ударные, подкладные и вспомогательные.

К опорным инструментам относятся наковальни и шпераки.

Наковальня является основным инструментом, на котором производятся все операции ковки. Они подразделяются на безрогие, однорогие и двурогие. Наиболее применяемой является двурогая наковальня (рис. 4.2), которая имеет с одной стороны конический круглый рог — для загибания поковок по радиусу, а с другой — хвост, который служит для загибания поковок под прямым углом. Поверхность хвоста имеет два отверстия: одно круглое, служит для пробивания отверстий в заготовке; другое квадратное — для установки подкладных приспособлений

(нижников). Верхняя часть наковальни называется наличником, имеет гладкую поверхность и закалена. Масса наковальни 100-150 кг и высота установки над полом 700-800 мм.

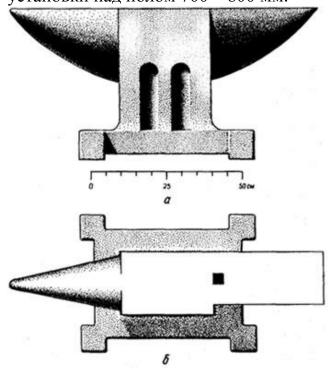


Рис. 4.2. Двурогая наковальня: а - вид сбоку; б - вид сверху

Шпераки маленькие двурогие наковальни массой до 4 кг. Имеют разнообразную форму, очень часто конструкции самих кузнецов. При художественной ковке на них выполняют загибку, правку, различного выколотку орнамента (рис. 4.3). Устанавливают шперак на наковальне В квадратное отверстие.

Основой *ударных инструментов* являются кувалды, ручники и всевозможные фасонные молотки (рис. 4.4.).

Кувалда — большой молот весом от 3 до 16 кг. Применяют молот для ковки крупных

заготовок и держат двумя руками. Сила удара кувалдой различна: лёгкий удар — локтевой, средний удар — плечевой и очень сильный удар — навесной (кувалда описывает полный круг). Обычно кувалда имеет оба плоских бойка или один клиновидный.

Ручник (кузнечный молот) основной инструмент кузнеца. Используют ручник при изготовлении мелких поковок. Ручником также указывают место, которому необходимо бить Масса ручника кувалдой. составляет от 2 до 5 кг, поэтому его держат одной рукой, а другой с помощью клещей поковку.

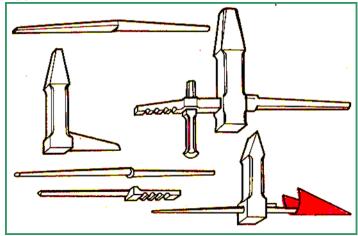


Рис. 4.3. Шпераки

К *подкладным инструментам* относят: зубило и подсечку, пробойники (бородки), обжимки, подбойки, раскатку и гладилки (рис. 4.5).

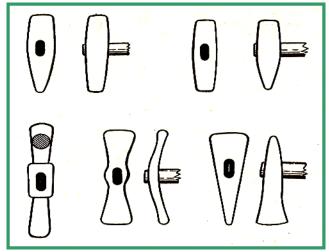


Рис. 4.4. Кувалды и молотки

Зубило И подсечка применяются для рубки металла. Зубила имеют отверстие ручки, которую насаживают без расклинивания. C помощью четырёхгранного хвоста подсечка крепится в отверстии наковальни. Рубку производят между подсечкой и зубилом. В случаях отдельных рубку металла производят ОДНИМ зубилом, для этой цели металл укладывают на специальную

площадку возле рога наковальни. Насечку узора производят на рабочей поверхности наковальни в холодном или горячем состоянии металла.

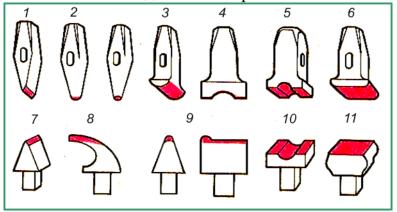


Рис. 4.5. Подкладные инструменты:

1 - зубило кузнечное (секач);

2 - бородок;

7 - подсечка; 8 - нижник;

3 - нижник с упором;

9 - конус;

4 - подбойники;

10 - скоба;

5 - обжимки;

11 **-** гвоздильня

6 - гладилки;

Пробойники (бородки) служат для пробивания отверстий не толстых заготовок при выполнении просечных работ на декоративных изделиях. На рабочей части пробойника могут располагаться отверстия различной формы — круглые, овальные, квадратные, прямоугольные, фигурные и т.п. Пробойники насаживают на деревянные ручки, аналогично зубилам.

Обжимки — приспособления, которые состоят из двух частей — верхника и нижника. Верхник насаживают на деревянную ручку, а нижник крепится своим хвостом в отверстие наковальни. С помощью обжимок заготовкам придают цилиндрическую или гранённую форму.

Подбойник — приспособления служащие для ускорения и облегчения протяжки металла при ручной ковке, а также для выдавливания в заготовке углублений, желобков, канавок, перехватов и т.п. Состоят из нижника и верхника, при этом рабочая поверхность имеет различную конфигурацию с различными радиусами кривизны.

Раскатка — подкладной инструмент, с одной плоской стороной, и другой — выпуклой. Служит для ускорения вытяжки заготовки в длину.

Гладилки — инструмент для выглаживания поверхности поковки, имеет шлифованную поверхность плоской и полукруглой формы.

При ковке применяют различные *вспомогательные инструменты*, которые облегчают выполнение ковочных операций. К ним относятся гвоздильня и кузнечная форма.

Гвоздильня предназначена для высадки головок различной формы у заклёпок, болтов, гвоздей.

Кузнечная форма представляет собой массивную плиту с отверстиями и ручьями. Нагретую поковку накладывают на нужный ручей и расковывают.

При художественной ковке используют различные оправки. Фасонные и профильные оправки изготовляют исходя из рисунка или модели. Вначале вырезают шаблон нужного рисунка из жести. Затем по шаблону из мягкой стали выгибают оправку, которую по рабочей части тщательно опиливают.

При изготовлении завитков, меандров и других кривых из прутков и полос применяют плиту с отверстиями, в которую вставляют концы прутков и выгибают нужный орнамент и т.д.

Клещи — инструмент, служащий для работы с поковкой (рис. 4.6). Они имеют различную форму губок в зависимости от конфигурации поковок. Рукоятки выполняют пружинящими, для прочного удержания рукой. Для более плотного удержания заготовки на рукоять клещей насаживают кольцо, называемое шпандырь. К вспомогательным инструментам относят также вилки для закручивания.

Измерения горячих заготовок производят кронциркулем нутромером. Кронциркули допускают установку до четырёх контрольных размеров. Кроме того применяют гребёнку с вырезами по сторонам в качестве измерителя. При этом каждый вырез шире указанного на нём размера на 1 % (тепловое расширение стали). Стальная мерительная линейка имеет деления, увеличенные на

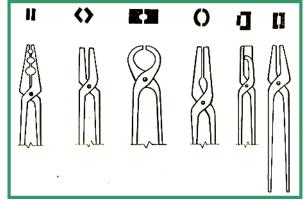


Рис. 4.6. Кузнечные клещи с различными формами губок

величину усадки металла при охлаждении, и служит для установки размера на кронциркуле для контрольных замеров на горячих поковках.

В настоящее время в кузнях широко применяют механические молоты, которые можно использовать и для ковки крупных заготовок.

Основные операции при выполнении свободной ковки

Всё многообразие приёмов свободной ковки художественных изделий можно свести к следующим основным операциям: осадка и высадка, вытяжка (протяжка), рубка, прошивка (пробивка отверстий), гибка, закручивание, выглаживание (отделка), насечка рисунка, набивка рельефа и фактуры, горновая (кузнечная) сварка.

Осадка и высадка. Осадка заключается в уменьшении длины заготовки путём уменьшения её поперечного сечения. В случае если осадку производят на отдельных участках заготовки, то эта операция называется высадкой. Эти операции применяют в следующих случаях:

- ▶ высадку для получения отдельных утолщений на заготовке (её концов или середины); при ковке декоративных элементов, имеющих переменное сечение, например растительных орнаментальных мотивов (утолщённые узоры на стебле, плоды, ягоды и т.п.); после высадки поковка дополнительно обрабатывается обжимками, подбойками и др.;
- ➤ как предварительную операцию перед изгибанием заготовки под углом для восполнения недостающего металла при образовании угла;
- осадку для утолщения поковки по всей длине;
- ▶ как предварительную операцию перед прошивкой при изготовлении пустотелых изделий — плоских изделий типа колец или высоких изделий типа трубок.

При выполнении осадки заготовку ставят вертикально на наковальню и начинают бить по верхнему концу ручником или кувалдой. При этом длина поковки или её нагретой части не должна превышать диаметр больше чем в 2,0 — 2,5 раза, иначе заготовка может изогнуться. При высадке участков на длинных заготовках, их кладут на наковальню, и производят удары ручником или молотом. В случае если утолщения должно распространяться только в определённые стороны, то после высадки поковка проковывается. Иногда высадку производят без молота, для чего нагретый стержень бьют концом о наковальню.

Вытяжка или протяжка. Эту операцию производят для увеличения длины заготовки за счёт уменьшения её толщины, и она имеет приведенные ниже разновидности.

А. Наиболее частым случаем считают отковку полосы или прута. Для этого нагретую заготовку кладут на наковальню и наносят удары узким бойком кувалды по всей её длине, регулярно поворачивая на 90°.

Работу выполняют быстрыми и короткими ударами. Для того чтобы заготовка больше тянулась в длину и не утолщалась в поперечнике, применяют седлообразные наковальни (*желобчатые*). Для вытяжки более круглых болванок лучше применять обжимки. Поворачивая поковку вокруг своей оси и продвигая вперёд, ударяют кувалдой по обжимке. При этом заготовка не только вытягивается, но и выглаживается.

- Б. Расплющивание (уширение, разгонка) применяется для увеличения площади заготовки за счёт её высоты, т.е. если необходимо часть её или всю, сделать в виде полосы, например при ковке растительного орнамента расплющиванием подготавливают заготовки для лепестков, цветов, листьев. Операцию расплющивание выполняют кувалдой или раскаткой, имеющей плоскую или полукруглую рабочую поверхность. При работе с раскаткой сила удара сосредотачивается на небольшом участке и раздача металла в разные стороны идёт быстрее.
- В. Вытяжка с оправкой, применяется, если нужно увеличить длину пустотелой заготовки за счёт уменьшения её стенок. Обычно работу ведут в обжимках в зависимости от формы заготовки с использованием оправки с небольшим конусом (для облегчения извлечения). В процессе ковки заготовку непрерывно поворачивают вокруг оси. При вытяжке на квадратной оправке поворот делают на 90°.
- Г. Раздача на оправке применяется для ковки колец, обечаек, обручей и т.п. При этом увеличивается как наружный, так и внутренний диаметр поковки. Предварительно высаженную и прошитую заготовку продевают на цилиндрическую оправку, которую укладывают обоими выступающими концами на подставку и с помощью ручника или подбойника раздают. Диаметр заготовки увеличивают за счёт утончения её стенки.

Кузнечная рубка. Рубка применяется для разделения заготовки на части. Заготовку нагревают до тёмно-красного каления и с помощью зубила и кувалды её рубят. Прорубив заготовку на три четверти толщины, её поворачивают и отрубают сильным ударом кувалды. Толстые заготовки рубят на механическом молоте с помощью, так называемого, топора или пользуются зубилами. Топоры бывают двусторонние, односторонние, полукруглые и угловые. Тонкие поковки рубят с помощью подсечки, которую устанавливают в отверстие наковальни, затем на неё кладут заготовку, а сверху наставляют зубило и бьют кувалдой. Рубить металл насквозь нельзя, так как можно повредить инструмент.

Рубка имеет следующие разновидности:

▶ разрубка (прорубка) — операция при которой заготовка только надрубается, оставаясь прочно соединённой. Этот приём применяют в художественной ковке. Надрубленные участки отгибаются, вытягиваются и подвергаются различным видам ковки, превращаясь в завитки, листья, цветы;

- обрубка (обсечка) отделение части материала по наружному контуру. Обрубка часто применяется при ковке декоративных изделий сложной формы, где необходимо обрубить деталь по контуру;
- ▶ вырубка операция отделения части металла по внутреннему контуру, широко применяемая при ковке ажурных изделий.

Прошивка. Применяют для получения сквозных отверстий в поковке. Отверстия пробивают с помощью пробойников и воротков. Для этого нагретую заготовку кладут над круглым отверстием на наковальне, наставляют бородок и бьют кувалдой.

Гибка. Называют операцию, при которой заготовке придают изогнутую форму. При гибке толстой заготовки первоначальная форма сечения искажается в зоне изгиба. Для устранения утяжки заготовки, производят высадку участка, где предполагают изгиб. Явление утяжки проявляется тем сильнее, чем больше угол изгиба и чем меньше радиус закругления. Утяжка легко устраняется правкой и проглаживанием. Гибка подразделяется:

- ▶ гибка под углом производится на ребре наковальни с предварительного нагрева участка, подлежащего изгибанию. Гибку прутка производят с помощью отверстия в наковальне. В случае если необходимо гнуть пруток или полосу несколько раз с малым промежутком между изгибами, то эту операцию выполняют на шпераке с рогом нужной формы или с применением специальных оправок;
- ▶ гибка по дуге производится на роге наковальни или соответствующих по дуге шпераках. Сложные кривые профили гнут с применением оправок. Повторяющиеся кривые (раппортные) гнут на приспособлениях (доски со штырями).

Закручивание (*скручивание*). Эту операцию производят, поворачивая часть поковки относительно другой под углом вокруг общей оси. Различают два случая такого закручивания:

- ▶ когда часть заготовки поворачивается на угол до 180° (при пространственной ориентации отдельных элементов);
- ➤ когда скручивание выполняют многократно на угол 360°, в результате чего квадратный стержень приобретает витой характер.

Тонкие заготовки скручивают два человека, вращая их в разные стороны. Толстую заготовку вращают посредством воротка, при этом конец заготовки зажимают в тиски.

Выглаживание (*отвелка*). Эту операцию выполняют после того, как заготовка откована и все формообразующие операции выполнены. Её цель — придать законченный вид поковке. Практически всегда поковка имеет следы от молотка или других инструментов, поэтому выглаживание производится с помощью гладилок различной формы для плоских

поверхностей и обжимок для цилиндрических. Для выглаживания внутренних и вогнутых поверхностей применяют специальные гладилки. Эту операцию ведут, перемещая гладилку по поверхности и ударяя по ней кувалдой. Следы от плоской гладилки выглядят как ели заметные грани и придают поковке иллюзорную чёткость и стройность.

Насекание рисунка. Эта операция выполняется в горячем или холодном состоянии с помощью зубила. При этом можно воспроизвести на поверхности изделия штрихи, насечки, решётки или разнообразные узоры, а также шрифтовые надписи. Насечку выполняют на плоских поверхностях, хорошо видимых на готовых изделиях.

Набивка рельефа и фактуры. Эта операция также относится к отделочной и выполняется с целью обогащения фактуры или световых эффектов путём создания дополнительных рельефных выступов, канавок и углублений. Работа выполняется специальными подбойниками или пуансонами.

Горновая (кузнечная) сварка. При выполнении ковочных работ эта операция ускоряет процесс изготовления изделий, а при выполнении сложных работ она становится необходимой. Сварка соединяет отдельные элементы в одно целое, позволяя эти части изготовить с высоким качеством. С помощью кузнечной сварки можно легко сварить мягкую сталь с содержанием 0,15 — 0,25 % углерода. Стали, с содержанием углерода выше 0,45 % сварке почти не поддаются. Процесс горновой сварки заключается в подготовке концов, нагрева, сварки и проковки шва.

При сварке концы подготавливают различными способами. Тонкие концы нагревают (утолщают) и сваривают встык. Изделия толщиной до 100 мм сваривают внахлёст, для этого концы скашивают после нагрева. Скошенные поверхности должны быть слегка выпуклыми для того, чтобы сварка началась по центру. При этом способе шлак выжимается от центра к краям. При толщине концов более 600 мм применяют сварку в разруб (или в паз), при этом концы нагревают, осаживают, затем один из них разрубают, а другой вытягивают клином.

После подготовки концы нагревают до 1300 – 1350 °C, что соответствует белому калению. Под сварку сталь должна быть чистой, а во время нагрева она покрывается окалиной. Окалина снимается флюсом – чистым кварцевым песком или бурой. Флюс образует легкоплавкий шлак с окалиной, который создаёт тонкую плёнку и предохраняет сталь от дальнейшего окисления. Нагретые стыки очищаются от шлака встряхиванием или берёзовыми прутьями, вплотную свариваемыми поверхностями кладут на наковальню и начинают бить по ним лёгким ручником, а затем сильно кувалдой и доковывают весь стык до полной сварки.

4.2. Дифовка (выколотка)

Дифовка — древний приём обработки листового металла, производимый ударами молотка под которыми металл тянется, изгибается, садится и в результате приобретает необходимую форму. Дифовка от горячей ковки отличается тем, что она производится в холодном состоянии. Кроме того она выполняется на листовом материале с толщиной листа не более 2 мм, а ковка, производится на массивных заготовках.

Многовековая история использования дифовки, которая производилась на различных материалах — золоте, серебре, меди и железе, изменила её свойства и виды. Древние мастера одевали в золотые одежды, выполненные дифовкой знаменитые скульптуры, а впоследствии русские мастера изготавливали из листового золота и серебра кубки, чаши и ковши, украшенные чеканной гравировкой и драгоценными камнями.

В средние века дифовку использовали для изготовления рыцарских лат, щитов, шлёмов и других доспехов.

В XVIII и XIX веках выколотка применялась довольно широко и называлась терминами *«битой меди»* и *«кованой меди»*. Её также называли *«выбивкой»* или техникой *«репуссе»*. Скульптура дифовалась из красной меди и укреплялась на стальных сварных каркасах.

Яркими примерами прекрасной выколотки являются, выполненная в 1820-1830 годах по модели скульптора С.С. Пименова из меди объёмная композиция — квадриги Аполлона для фасада Александринского театра (Санкт-Петербург) и аналогичная композиция (1863) по модели неизвестного скульптора для Большого театра. Композиция «Рабочий и колхозница» по модели скульптора В.И. Мухиной выполнена из нержавеющей стали с помощью дифовки (высота произведения 24 м).

Очень известным примером может служить статуя «Свободы». Она выколочена из листовой меди толщиной 2 мм французским скульптором А. Бартольди. Стальной каркас для фигуры выполнил А. Эйфель. В 1886 году она была подарена США, где была установлена на острове Либерти при входе в гавань Нью-Йорка. Высота скульптуры 46 м, вместе с пьедесталом 93 м.

При выполнении дифовки, для получения объёмной формы из плоской заготовки, пользуются тремя процессами, которые составляют свободную ручную ковку.

Первый процесс – расплющивание заготовки лежащей на стальной наковальне с помощью стального молотка, в результате чего увеличивается её площадь за счёт уменьшения толщины. Если удары молотком наносят не по всей поверхности заготовки, а на одном участке, не трогая краёв, то заготовка не только расплющивается, а и становится вогнутой со стороны удара.

Второй процесс — сгибание листовой заготовки, когда вогнутая сторона претерпевает сжатие, а выпуклая — растяжение. Изгиб 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 выбирают ребро фасонной наковальни соответствующей формы; при этом происходит на только сгибание, но и вытяжка металла.

Третий процесс — осадка металла, когда толщина металла после удара увеличивается. Для этого заготовка предварительно гофрится, а затем гофры осаживаются («выводятся») стальным или деревянным молотком на наковальне. Работа требует навыков, так гофры могут быть низкими и широкими, так как их легче осаживать. Если гофры высокие и узкие, то при осаживании они нагоняются друг на друга с образованием трещин и складок.

Инструменты, применяемые для дифовки, подразделяются на две группы: ударные и опорные.

Ударные инструменты. К ним относятся различные по форме и материалу молотки. В практике широко применяются молотки, у которых твёрдость ниже, чем у материала. При ударе таким инструментом материал меньше нагартовывается, а на его поверхности не остаётся следов. Это деревянные молотки с плоскими или фасонными бойками из твёрдых пород древисины (клёна, самшита и др.); молотки из текстолита, которые служат дольше деревянных и более удобны в работе; молотки из литой резины применяемые для выколотки и выглаживания ответственных деталей, так как не оставляют следов при ударе. Молотки из красной меди, алюминия и свинца применяются для выколотки цветных металлов. применяются Стальные молотки также ДЛЯ дифовки имеют разнообразную форму (плоскую, выпуклую, изогнутую и др.). Очень часто применяются наводильники – служащие 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 для избежания следов на материале. Интересно, что в прошлом для дифовки применяли до ста различных видов молотков, при этом некоторые из них были специализированы на выполнении только одной операции.

К опорным инструментам относятся:

- различные по форме наковальни и плиты для правки листового материала, а также гибки под углом;
- шпераки (*бугаи*), имеющие обычно два плеча, отличающиеся по форме рабочего конца (*плоское*, *округлое*, *конусное* и *др*.);
- 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, клёпки швов и т.п.

Кроме указанных при дифовке используются 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, латунь, томпак, алюминий, никелевые сплавы и сталь.

Выколотка по моделям

Этот способ применяют для производства художественных барельефов и круглой (объёмной) скульптуры из меди, латуни и алюминия, а также нержавеющей стали. С помощью этой техники можно производить крупные экстерьерные декоративные произведения, монументальные фигуры для памятников и интерьерную художественную скульптуру.

В настоящее время применяют следующую технологию:

- с авторского оригинала, отформованного в гипсе, снимается кусковая гипсовая форма;
- посредством кусковой формы по частям изготавливаются цементные модели головы, торса, рук, ног и т.п.;
- > для сильно профилированных деталей фигуры (*лицо*, *кисти рук и др*.) отливаются баббитовые модели;
- ▶ иногда для наиболее ответственных и сложных по рельефу деталей отливаются дополнительные баббитовые формы (для чего соответствующие куски кусковой баббитовой формы специально вновь отформовываются в гипсовую кусковую форму, в которой и производится отливка из баббита). Эти баббитовые формы, подобно матрицам, служат для уточнения рельефа при выколотке;
- ▶ производится раскрой листового металла для выколотки отдельных деталей (частей) фигуры. Толщина листа в зависимости от размеров фигуры для меди, латуни и алюминия берётся от 1 до 2 мм, для нержавеющей стали 0,5 мм. Расчёт площади листовой заготовки производится приблизительно с учётом вытяжки и посадки;
- производится предварительный отжиг листовой заготовки для восстановления пластичности с последующим отбеливанием, промывкой и сушкой. Он применяется для меди, латуни и стали, если материал недостаточно пластичен. Алюминий не отжигают;
- листовая заготовка, наложенная на баббитовую или цементную модель, дифуется резиновым молотком. Для обработки по модели применяются также деревянные, текстолитовые и свинцовые молотки. Наиболее

- углублённые места обрабатываются деревянными чеканами. При сложном рельефе заготовку разрезают или вырезают излишек металла, который не удаётся посадить. Затем эти участки завариваются, и швы проковываются стальным молотком;
- осуществляется повторный отжиг заготовки для снятия наклёпа.
 Нагрев производят до тёмно-красного каления (медь, латунь, сталь).
 Алюминий отжигают с большой осторожностью его нагревают до тех пор, пока предварительно нанесённые на его поверхность мылом штрихи не начнут чернеть;
- предварительно обколоченная заготовка вновь накладывается на модель и прикрепляется к ней посредством струбцин (*при выколотке рельефов*). При повторной обколотке достигается наиболее полное соответствие с моделью. Дифовку проводят резиновыми и деревянными молотками;
- эатем выполняется прочеканка заготовки на смоле стальными чеканами. Для этого заготовка заполняется смолой, состоящей из битума, канифоли и формовочной литейной смеси. После застывания смоляной массы прорабатывается соответствующими стальными чеканами и наносится фактура. После выполнения чеканки деталь должна соответствовать авторскому оригиналу;
- после выполнения этих операций производится сборка деталей и монтируется фигура. Детали подгоняются, обрезаются и опиливаются напильниками. Листы подгоняют встык и сваривают. Швы тщательно зачищают. При сварке может происходить коробление, поэтому его устраняют;
- > окончательной операцией является сборка на стальном каркасе.

4.3. Чеканка

Чеканка была известна в Древнем Египте, античной Греции и Риме, в искусстве Ирана и Китая, Индии и Японии, большое развитие получила в эпоху Возрождения в странах Западной Европы и высокого совершенства достигла в домонгольской Руси. Затем она снова расцвела в древнерусском искусстве XV — XVII веков. Дальнейшее развитие чеканка получила в XVIII — XIX веках и применяется до сих пор в современном декоративноприкладном искусстве.

Художественная чеканка подразделяется на два самостоятельных вида работ, имеющих качественное различие и технологию производства: чеканка из листа и чеканка по литью или *«оброну»*. В первом случае из листовой заготовки с помощью чеканки создают новое художественное произведение; во втором – только выявляют и завершают художественную

форму, ранее уже созданную скульптором и отлитую в металле (*или* вырезанную из металла техникой «оброна»).

Сущность процесса чеканки заключается в обработке материалов посредством специального стержня — чекана, который ставят вертикально и по его верхнему концу бьют молотком. При этом его рабочий конец $(\emph{бой})$ оставляет след на материале. Перемещая инструмент, получают нужный рисунок и необходимую форму. Обязательным условием является способность металла иметь высокую вязкость и пластичность, чтобы изменять форму под действием чекана. Большинство металлов (*кроме чугуна*) обладают такими свойствами.

Никелевые сплавы (*мельхиор*, *нейзильбер*) широко использовались в XIX веке для чеканки художественной посуды имитирующей серебряную. В современной практике применяют красную медь и её сплавы (*латуни*, *томпак*), как наиболее пригодные для чеканки декоративных изделий и скульптуры. Они имеют высокую пластичность, допускают глубокую вытяжку – чеканку горельефов и круглой скульптуры, хорошо отжигаются и разнообразно отделываются. Для чеканки наиболее ходовыми являются листы толщиной от 0,4 до 1,0 мм. Для крупных монументальных скульптур используют листы красной меди толщиной 2 мм, а алюминиевые даже до 3 мм.

Листовой цинк имеет хорошую пластичность, но требует специальных приёмов обработки. Листовой алюминий чеканится мягко и допускает глубокую вытяжку, однако требует предосторожности при отжиге; дюраль – жёсткий материал, чеканится трудно, но даёт интересные имитации серебра. Чёрные металлы: мягкая малоуглеродистая сталь, предварительно отожженная и протравленная — так называемый декопир (или дважды протравленная сталь до и после отжига — дважды декопир) — материал более трудный в чеканке по сравнению с медью, но очень красивый в отделке. Сталь можно применять для крупных декоративных изделий, не требующих тонкой деталировки и получать высокий рельеф.

Для некоторых простых приёмов чеканки используют листовую кровельную сталь (*кровельное железо*). Нержавеющая (*хромоникелевая*) сталь – красивый, современный очень эффектный материал, применяется для крупных экстерьерных изделий, однако он труден при чеканке.

Ранее для чеканки уникальных ювелирных изделий, дорогой посуды и церковной утвари применяли драгоценные металлы — золото, серебро и их сплавы.

Инструменты и приспособления

Основными инструментами для работы являются чеканы. Они представляют собой откованные стальные стержни длинной 120 – 170 мм, восьмиугольного (реже круглого) сечения, несколько утолщённые в своей

передней части и утончённые к концам. Такая форма обеспечивает большую утончённость чекана и отсутствие вибрации.

Различают следующие группы чеканов, имеющих различную форму боя в зависимости от их назначения (puc. 4.7).

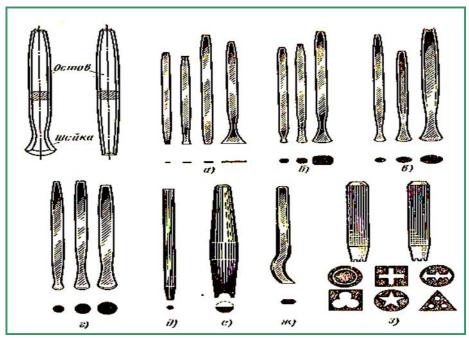


Рис. 4.7. Чеканы:

а – расходники; д – трубочка; б – лощатники; е – канфарник; в – бабошники; ж – сапожок; г – пурошники; з – фигурные

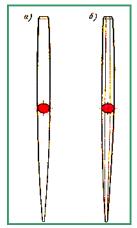


Рис. 4.8. Канфарники: а – круглый; б – восьмигранный

Канфарники — чеканы с заострённым концом в форме тупой иглы. Применяют для мелких работ — более острые, для крупных работ — тупые. Канфарники служат для перевода рисунка с бумаги на металл, а также для отделки фонов точками (*«канфарнение»*) (*Рис. 4.8*).

Расходники, или обводные чеканы, с помощью которых на металле воспроизводят контур рисунка, обводя его по точкам канфарника в виде чёткой, сплошной линии. Широкие (толстые) расходники дают более мягкую линию, острые — наоборот, более сухую, чёткую. Расходники бывают прямые — для проведения прямых линий и полукруглые с

различным радиусом закругления – для обводки кривых линий (рис.4.9).

Лощатники (*лощить*) — наиболее разнообразная группа чеканов с более или менее плоским боем. Используются для выравнивания

плоскостей и ровных поверхностей. Лещатники бывают гладкие или шероховатые, следовательно, след от них бывает гладкий или матовый — шероховатый (*puc.* 4.10).

Пурошники (пурочники) — чеканы с круглой, сферической головкой. Служат для выколотки (подъёма) полукруглых форм при чеканке с изнанки или для получения ямочной фигуры при работе с лицевой стороны (рис. 4.11).

Бобошники, или **обжимные чеканы**, с продолговатым, овальным и бобовидным боем.

Трубочки — чеканы, рабочая поверхность которых имеет полушаровидную вогнутую поверхность различных диаметров и глубины. На металле получается выпуклый сферический отпечаток, имитирующий зерно.

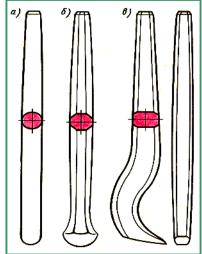


Рис. 4.10. Лощатники:
 а – с расширенной рабочей частью;
 б – с прямой рабочей частью

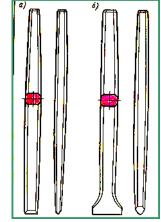


Рис. 4.9. Расходники: а — ширина боя до 10 мм; б — ширина боя свыше 10 мм

Рисуночные чеканы – эти чеканы

по форме напоминают лощатники, но дают рисуночный отпечаток: решёточки, штриховатость и т.п. Употребляются для отделки фонов, для придания необходимой фактуры.

Специальные чеканы используются для нанесения специального рисунка.

Фигурные чеканы, или пуансоны – на их рабочей части гравировкой выполнены фрагменты орнамента (завитки, листики, цветы, розетки) или буквы и цифры.

Сечки — остро заточенные чеканы, подобные зубилам с плоским или полукруглым лезвием, применяются для просекания фона при работе с листом.

представленные чеканы различаются ПО размерам. ювелирных работ применяют стальные чеканы диаметром 3 – 4 мм; для средних обычных работ диаметром до 6 – 8 мм, а при чеканке крупных декоративных композиций толщина чекана может достигать $15-20\,$ мм и более. Изготавливают чеканы из инструментальной стали У7 и У8. Бой чекана после изготовления подвергается закалке и отпуску. Закалку производят с температуры 750 – 850 °C в воду. Поскольку после неё чекан необходима операция становится хрупким, отпуска: бой чекана предварительно шлифуют, а затем нагревают до температуры 200 – 300 °C.

При выполнении чеканных работ используются **молотки**. Их особенностью является то, что с одной стороны молоток имеет плоскую поверхность, для удара по чекану, а с другой стороны шарообразный или круглый конец — который используют для выколотки углублений в листовом металле. Рукоятка молотка имеет слегка изогнутую плоскую форму, утолщённую к концу.

При чеканке необходимо применение следующих вспомогательных материалов.

Смола — используется для закрепления листового металла при его чеканке. В состав смеси входят искусственные (продукты перегонки нефти) или естественные смолы (из хвойных пород древесины — сосны, ели). В качестве наполнителя в смолу добавляют сухой песок, оборотную формовочную смесь, сухую охру, золу и т.п. Для увеличения мягкости и вязкости смолы в её состав вводят

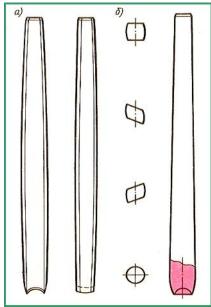


Рис. 4.11. Пурочник: a — диаметр боя до 10 мм; б — диаметр боя свыше 10 мм; в — сапожок

от 5 до 10 % воска, а для большей клейкости и прочности канифоль.

Брезентовые мешки, наполненные песком, используются для выколотки рельефа. Однако выколотка на мешках не даёт точных контуров и поэтому требует дополнительной работы на смоле.

Листовая резина и листовой свинец используются для обработки отдельных участков на чеканном листе при мелких работах.

Стальные, чугунные и каменные плиты или деревянные доски применяют для выравнивания фонов и плоских чеканок.

Приспособления для насмолки и отжига — паяльные лампы, кузнечные горны, электронагревательные устройства.

Приспособления для очистки — ванны с травильными растворами и отбелом, крацевальные и шлифовальные станки, пескоструйные установки, приспособления для варки и наложения смолы.

Слесарный инструмент: ножницы, плоскогубцы, кузнечные клещи, напильники, надфили и рифлёвки.

Технологический процесс чеканки

Чеканку начинают с вычерчивания рисунка в натуральную величину на бумаге, имеющей поля для проклейки на металле. Для выполнения рисунка на предмете, делают его развёртку на бумаге: целиком, если форма простая и имеет один радиус кривизны (конус, цилиндр) или по частям для сложно профилированных форм, которые имеют несколько радиусов кривизны. В этом случае наложение рисунка может быть

условным и достигаться только на небольшом участке формы с некоторой степенью деформации бумаги. Сложные изделия предварительно размечают, и рисунок переводят на них по частям.

Подготовка бляшек заключается в вырезании из металла прямоугольника, на котором может свободно разместиться рисунок и небольшой запас шириной 30-40 мм. Свободный край необходим для удержания бляшки на смоле, особенно при выколотке высокого рельефа, близко от краёв. Затем бляшку выравнивают на плите молотком и с помощью плоскогубцев загибают края и углы.

Насмолка — прочная фиксация бляшки для выполнения работы. Насмолку плоских чеканок производят с использованием досок или ящиков, дно которых изготовлено из толстого тёса (20 - 30 мм). Небольшие борта с четырёх сторон днища выполняют из тонких досок. Размеры днища ящика должны быть на 30 - 40 мм больше, чем размеры бляшки, так как необходимо иметь свободное поле смолы. Высота бортов ящика зависит от высоты рельефа рисунка, чем он выше, тем выше борт.

Затем с помощью паяльной лампы верхний слой смолы размягчают, выравнивают скребком и укладывают на него бляшку. При этом бляшка должна располагаться по центру, не утопать в смоле, кроме того, под ней не должен оказаться воздух. Бляшка должна быть присмолена всей плоскостью, после этого ей дают остыть.

Объёмные формы — стаканы, вазы и круглые скульптуры, а также барельефные и горельефные формы, чеканят после наполнения их смолой. При этом в качестве опоры используют котелки — выдавленные в стальном листе в форме полусферы, которые предварительно заполняют смолой, налитой в полость горкой. Для этого на загустевшую смолу накладывают мокрую бумагу или материю, а поверх покрытия объёмный предмет, предварительно наполненный смолой. Его слегка вдавливают в смолу для образования точного профиля, при этом бумага предотвращает прилипание его к смоле. Под котелок обычно укладывают резиновое кольцо.

Перевод рисунка производят через копировальную бумагу на металлическую поверхность, предварительно окрашенную акварельными белилами. Выполненный рисунок затем покрывают нитролаком, чтобы сберечь его от повреждений при работе. Однако при выполнении сложных работ лучше применять канфарение. Для этого рисунок прикрепляют к металлу с помощью пластилина или воска, а затем специальным чеканом – канфарником, пробивают рисунок по контуру рядами точек, образующих пунктирную линию. Точки пробиваются неглубоко, с тем, чтобы их можно было вывести после чеканки. Мелкий рисунок канфарят острым чеканом, набивая точки недалеко друг от друга. Крупный рисунок наносят тупым канфарником, редким пунктиром.

Расходка и опускание фона. Чеканку начинают с обводки и расходки сканфарённого рисунка. Выбрав по ширине обводной чекан — расходник, им обводят по всем линиям рисунка, соединяя точки канфарника в одну сплошную линию и углубляя все контуры. Мелкие ювелирные работы выполняют острым расходником, дающим чёткие узкие штрихи, для крупных рисунков используют тупые, широкие расходники.

Следующей операцией является опускание фона вокруг рисунка с помощью плоских чеканов — лощатников, которыми выводится расходка. При этом чекан ставят наклонно в сторону рисунка, сохраняя стенку, образованную расходником с его стороны, выравнивают (*осаживают*) противоположную, обращённую к фону. Опуская фон, выявляют рельеф. Рисунок начинает ясно выступать, несколько возвышаясь над осаженным фоном.

Отжиг. Для проведения отжига чеканку снимают со смолы, нагревая её паяльной лампой. Затем нагревают до тёмно-красного каления. После этого она вновь становится вязкой и пластичной. Обычно отжиг цветных, благородных и чёрных металлов не сложен, так как после сгорания смолы и лёгкого покраснения отжиг заканчивают. Исключение составляет отжиг алюминия, при температуре 100 °C начинается его перекристаллизация, а при температуре красного каления он способен плавиться. Поэтому о температуре рекристаллизации судят по почернению мыла, которым предварительно чертят полоски на поверхности заготовки.

Выколотка рельефа. Рельеф выколачивают с обратной стороны, укладывая пластину на резину или мешок с песком. При этом стараются приподнять рельеф как можно точнее к рисунку. Выколотку ведут различными чеканами, выполняя подъём выше, с некоторым запасом, с расчётом её последующей доработки на смоле. При выколотке рельефа важно, чтобы металл хорошо тянулся и не рвался. В процессе работы отдельные участки рельефа, которые должны быть резкими и чёткими выколачивают на деревянной доске или на листовом свинце. Все участки фона выравнивают и выстраивают так, чтобы они лежали в одной плоскости. Эта операция выполняется простукиванием лощатниками на чугунной, стальной или мраморной плите. После этого пластину вновь отжигают, отбеливают, промывают и просушивают для вторичной насмолки и окончательной доработки на смоле.

Конечная доработка рельефа. Вторичную насмолку производят, заполняя всю полость рельефа расплавленной смолой, после её остывания и твердения чеканку насмаливают на ящик. Окончательная прочеканка рельефа заключается в детальной проработке всех форм и созданию общего цельного впечатления от всего рельефа. При этом большую роль играет фактура чеканных поверхностей — это сочетание гладких, кованых и шероховатых текстур, что позволяет получить больший декоративный эффект. Также большое внимание уделяют отделке фона, который делают

гладким, матовым или рисунчатым. Иногда его канфарят или выпиливают лобзиком.

Чеканка объёмных фигур в начальной стадии выполняется, как и на плоскости. Рельеф выколачивают иначе, так как поднять рельеф объёмной формы обычными чеканами нельзя. Поэтому работу ведут крюками и трещотками. Работа крюками проходит следующим образом: объёмный предмет укладывают на верстак, предварительно положив под него мешок с песком или резину. Затем, установив боевой конец крюка в полость формы, на участок рельефа, наносят удары по штанге крюка и таким образом приподнимают тот или другой элемент рисунка. Выполняя эту операцию многократно по всей поверхности объёмной фигуры, выколачивают весь рельеф до нужной высоты.

С трещоткой работу выполняют иначе. Её зажимают нерабочим концом в тиски, а объёмную фигуру держат в руке. Затем, наставляют рабочий конец трещотки внутри фигуры на участок рельефа, который хотят поднять и наносят удары по штанге трещотки. При этом она вибрирует и с достаточно упругой силой наносит удары, поднимая рельеф. Такую работу ведут на сосудах. На сосудах с узким горлом её вести трудно, так как не видно, куда устанавливать бой, поэтому работать необходимо буквально *«на ощупь»*.

Выделяют следующие виды чеканных работ, отличающиеся по своей технологии и дающие различный художественный эффект.

Плоскостные (двухмерные) чеканные произведения, выполненные расходкой. Выполняются как с лицевой, так и с оборотной стороны. В первом варианте изделия напоминают гравированные.

Расходка с просечкой или выпиловкой фона. Это достаточно простой способ художественной обработки металла, создающий лёгкие, ажурные металлические кружева. В славянском декоративном искусстве выполняется на листовом железе, меди, золоте и серебре.

Чеканка без узоров (не изобразительная). Набивка фигуры пурошником, бобошником или рисунчатым чеканом.

Расходка с опусканием фона. Этот приём применялся в прошлом для ювелирных и декоративных изделий.

Расходка с лёгкой выколоткой рельефа с изнанки. Делается не однообразной линией, а живой — лёгкой или сочной и широкой. При этом линия становится то плотной и непрерывной, то переходит в отдельные быстрые штрихи.

Рельефная чеканка с полной обработкой рельефа различной высоты и степени деталировки.

Чеканка без насмолки крупных обобщённых декоративных рельефов из листового алюминия, железа и меди — современный приём.

Чеканка объёмных изделий скульптурного типа. Художники в современных условиях применяют чеканку для обработки различных

декоративных предметов – блюд, ваз, настенных пластин, панно, а также для ювелирных изделий – браслетов, нагрудных украшений, пряжек поясов, подвесок и т.п.

Чеканка по литью или оброну

Чеканку литья или оброна проводят тогда, когда необходимо получить чёткую и ясную форму. Чеканят в основном отливки, полученные литьём в песчано-глинистую форму. В меньшей степени чеканке подлежат отливки полученные литьём по выплавляемым моделям, в кокиль и в оболочковые формы. Литьё скульптур в газифицируемых формах также требует чеканки, так как радиус закругления у сплавов с высокой вязкостью достаточно велик. Чеканку выполняют теми же инструментами, что и листовую, однако их боевая часть должна быть более твёрдой. Для закрепления отливок используют смолу. Мелкие ювелирные изделия закрепляют на канифоли.

Крупные изделия удерживают в тисках, подкладывая листовой свинец. Зажимают литьё осторожно, чтобы не повредить поверхность художественного произведения. Предварительно, перед чеканкой отливки проходят зачистку, гидропескоструйную обработку и крацевание металлическими щётками. Затем их отжигают, отбеливают, промывают и высушивают.

Чеканку отливок начинают после удаления остатков литниковой системы и зачеканки их следов. Отливки, полученные кусковой формовкой имеют большое количество облоя по месту стыковки кусков. Поэтому его аккуратно срубают зубилом и также зачеканивают.

На пустотелых отливках могут оставаться технологические отверстия от стержней и арматуры. Такие отверстия рассверливают, вставляют пробки из такого же материала и зачеканивают. При наличии различных технологических дефектов – раковин, неспаев, наплывов, газовой сыпи, следов засоров и т.п. их также аккуратно срубывают сечкой и зачеканивают. Вначале дефект затягивают крупным чеканом, а затем это место отделывают гладким или малым чеканом. Крупные изъяны аналогичным Характер изображаемого металлом. произведения может быть выражен использованием не только чеканов, но и соответствующих напильников, рифлёвок и надфилей для получения гладких, полированных поверхностей. При выполнении этой работы широко используются машинки с набором шарошек и абразивных получения сплошных, матовых бархатистых камушков. Для И поверхностей используют пескоструйные с различной установки зернистостью песка.

4.4. Басма

Басма является развитием и усовершенствованием чеканки и заключается в использовании фигурных чеканов — пуансонов, производящих теснение. Басменные доски — матрицы — являются дальнейшим развитием техники теснения. Преимущество этого способа заключается в быстроте производства и экономии благородных металлов, так как теснение используется на материалах меньшей толщины, чем чеканка.

В древнерусском искусстве басма применялась ещё в домонгольский период для изготовления рельефных заготовок под чернь и эмаль. Наибольшего расцвета басма достигла в XVI и XVII веках.

Для теснения необходимо изготовить басменные доски (*матрицы*), которые представляют собой невысокий монолитный металлический рельеф с мягкими и плавными переходами. Высота рельефа не превышает $1-2\,$ мм, однако в развитии она достигала $5-6\,$ мм. Обычно матрицы изготавливали литьём из медных сплавов с последующей чеканкой или техникой оброна из стальных заготовок. Толщина медных басменных матриц составляет от $6\,$ до $10-12\,$ мм. Стальные матрицы изготавливаются более тонкими.

Теснение производят, накладывая на матрицу тонкий лист металла $(0,2-0,3\ \text{мм})$, предварительно отожжённого и отбелённого. Сверху листа кладут прокладку из листового свинца. По свинцовой прокладке бьют деревянным молотком или осуществляют давление с помощью винтового ручного пресса усилием от 50 до $100-150\ \text{кH}$. Благодаря вдавливанию свинца во все углубления матрицы, копируется весь её рельеф. Такую же деформацию претерпевает лист металла. Отпечаток получается более мягким, так как толщина листа мала. При большей толщине листа расхождение больше. С целью уменьшения расхождения басменные доски чеканятся резче и суше, чем этого требует воспроизводимый узор. Таким образом, можно устранить недостаток тиснения.

В древнерусском искусстве эта техника использовалась для оковки как светских, так и культовых изделий: иконостасов, рам и фона икон, переплётов книг, сундуков, ларцов и т.п. Основу изделия изготовляли из древесины, и на неё с помощью мелких гвоздей набивалась басма. Басму можно изготовить из золота, серебра, меди, алюминия.

Более жёсткие металлы и сплавы – пробирное серебро и латунь требуют промежуточных отжигов с целью смягчения материала. Для этого проводят повторное теснение. Также повторное теснение производят при высоком рельефе. Басму выполняли с лицевыми или орнаментальными изображениями. Особенно часто применялись басмы с повторяющимся орнаментом. При получении такого орнамента на матрице делался всего 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 отличают басму от чеканки.

4.5. Металлопластика

Металлопластика известна с древнейших времён, и как считают, была известна Фидию и Поликлету. Облицовка статуй тонким металлическим листом (*золотым и серебряным*) получила свое развитие в конце XIX и начале XX веков.

Художественные произведения, выполненные в технике металлопластики, напоминают чеканку из листа, но существенно отличаются толщиной. Так, при чеканке используется лист толщиной от 0,5 мм, а при металлопластике — менее 0,5 мм. Наиболее ходовой является толщина от 0,2 до 0,4 мм, более тонкий лист может легко разорваться. Главным отличием этого способа является технология самого процесса. Если при чеканке форму получают ударами чекана по металлическому листу, то в металлопластике форма образуется путём плавной деформации листа инструментом, напоминающим скульптурные стеки.

Для выполнения металлопластики используется следующий набор инструментов.

Линейник или контурная стека при выдавливании контура рисунка. Для проведения тонких линий диаметр рабочего конца составляет 1 мм, а для более широких 2-3 мм. При этом конец стеки должен быть хорошо закруглён и отполирован.

Стеки давильные различной формы. Плоский узкий используется для выдавливания узких линий; плоский широкий — как гладилка для выравнивания фона.

Выдавка конусная — концом стеки выдавливаются узкие канавки или углубления различной формы для вставки камней.

Выдавка шарообразная – с шариком (*различного диаметра*) на рабочем конце – для проведения кривых, спиралей и выдавливания круглых углублений.

Пуансоны – различной формы для обработки фона (*нанесения* фактуры).

В качестве вспомогательных инструментов используются: толстое стекло размером 200×300 мм; линолеум аналогичного размера; мягкие подкладки из войлока, драпа, фетра или сукна; деревянная доска для просекания на ней отверстий.

Стеки держат наклонно к себе (угол приблизительно 30°) и линию проводят к себе. При этом, отклонение линейки устраняют с помощью

указательного пальца левой руки, который придерживает её и при необходимости усиливает давление.

В начале работы заготовку отжигают. Для этого её нагревают до температуры слабо-бурого каления и медленно охлаждают. Медь, латунь и жесть отжигают в процессе работы несколько раз, а цинк один раз перед началом работы.

Рисунок в натуральную величину выполняют на бумаге в линейной манере, затем переносят на кальку и в перевёрнутом зеркальном изображении через копирку переносят на металл. Окисленная после отжига поверхность металла чётко воспринимает рисунок. Если рисунок виден не достаточно хорошо, то поверхность листа предварительно грунтуют жидким раствором белой акварели или гуаши.

Технологический процесс металлопластики начинают с обводки рисунка линейником — контурной стекой. Для этого к столу крепят лист гладкого линолеума, на него укладывают лист металла с наведенным рисунком, и с помощью линейника выдавливают канавку необходимой глубины. Затем пластинку переворачивают лицевой стороной кверху, и вновь на линолеуме этой же стекой, параллельно контуру, отступая на 1 мм, проводят вторую линию — дубль-контур. Далее пластинку лицевой стороной кверху кладут на стекло, и широкой стекой (гладилкой), выравнивают фон вокруг рисунка. После этой операции рельеф увеличивается, и рисунок ясно виден над фоном.

При выполнении более сложного рельефа, работу начинают с выдавливания его элементов большей высоты, выглаживая фон на стекле. Эту операцию можно проводить с использованием войлока при этом черта рельефнее и шире, чем на линолеуме. Чем твёрже материал, тем линия тоньше, рельефнее и менее высока.

Обычно процесс металлопластики заключается в выдавливании на линолеуме, углублении отдельных мест на войлоке и обжимке на стекле с выравниванием фона.

Фон художественного изделия может быть гладким или рисунчатым. Для этого заготовку укрепляют на линолеуме, затем, удерживая пуансон в левой руке на расстоянии 0,5 мм от поверхности, лёгким ударом правой руки наносят рисунок. Передвигая пуансон, создают желаемый фон.

Металлопластика хорошо сочетается с фактурой дерева. Для прочности готовый рельеф заполняют специальной мастикой, состоящей из канифоли, воска и стеарина или гипсовым раствором.

4.6. Гравирование

Гравирование – древнейший способ художественной обработки металла и заключается в нанесении линейного рисунка или рельефа с

помощью резца. Этот способ нашёл применение и в промышленности – приборостроении и машиностроении.

В технологии художественной гравировки различают: плоскостное гравирование (*двухмерное*), при котором обрабатывается только поверхность и обронное гравирование (*трёхмерное*).

Плоскостное гравирование

используется гравирование Плоскостное ДЛЯ декорирования поверхности изделия путём нанесения контурного рисунка, узора или многофигурных или ландшафтных тоновых портретных, композиций, а также выполнения различных надписей и шрифтовых работ. К плоскостной гравировке, которую называют «гравировкой по глянцу» или «гравировкой для вида» относится и гравировка под чернь. Этот тип глубокой гравировки отличается более резьбой и последующим заполнением рисунка чернью.

Технология плоскостного гравирования сводится к выполнению следующих операций.

Подготовка рисунка. Для перевода на металл рисунок выполняют на бумаге в натуральную величину в линейной манере. Все тональные или теневые переходы выполняются штрихом или точками (пунктиром).

Подготовка металла заключается в изготовлении чистой, ровной и гладкой поверхности. Для этого пластину шлифуют, а затем обрабатывают мелкой шкуркой и пемзой или тонкими абразивными порошками. При этом поверхность металла должна быть матовой, а не блестящей, так как блеск затрудняет работу. Если полировка необходима, то её делают после гравировки.

Перенос рисунка на металл производят после нанесения на его поверхность белой акварельной краски или жидко разведенной белой гуаши. По высохшей краске рисуют тонко отточенным карандашом или через копировальную бумагу. Полученный рисунок покрываю спиртовым лаком или нитролаком для предохранения от стирания при работе.

Приспособления для гравирования. Листовая заготовка или мелкие изделия прикрепляют к доске. Небольшие заготовки крепят на разогретый сургуч или канифоль, большие – крепят гвоздями к доске по её краю. Объёмные предметы зажимают в специальные приспособления: шрабкугель или колодки.

Шрабкугель это сплошной чугунный шар диаметром около 130 мм и массой до 15 кг у которого сверху срезан сегмент. На круглой площадке расположен прямоугольный паз, а в стенке паза выполнены отверстия с резьбой. Изделия подлежащее гравированию укладывают в паз и зажимают винтом к противоположной стенке.

Колодки изготовляют из массивных стальных или чугунных брусков с раздвигающимися губками, между которыми закрепляют изделие. При

работе с доской, на которой закреплён предмет, для удобства работы под неё или под колодки подкладывают кранц — специальную тяжёлую кожаную или парусиновую круглую подушку диаметром 150 — 200 мм, туго набитую песком (рис. 4.12). Под шрабкугель для удобства работы подкладывают кожаное кольцо.

Гравировальный инструмент. инструментом Основным при гравировании является штихель или 4.13). Общая (рис. длина резец штихеля составляет от 100 до 130 мм, изготавливают его ИЗ закаленной инструментальной стали. Штихель вставляют в короткую деревянную ручку грибовидной формы, срезанную нижней стороны. c Резцовые заготовки из эвтектоидной стали (содержание углерода 0.7 - 0.8должны иметь главные поверхности – верхнюю, нижнюю, боковую и лобовую.

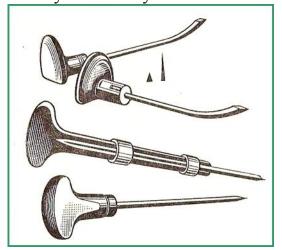


Рис. 4.13. Резец или штихель

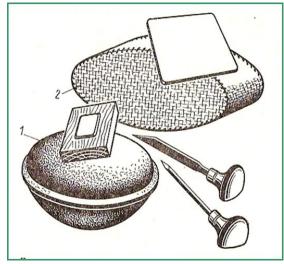


Рис. 4.12. Подушки и резцы для гравирования и резки

Различают следующие основные виды штихелей (рис. 4.14).

Острый резец (*шпицитихель*). наиболее распространенный в гравировании, применяют для оконтуривания рисунка, подрезки углов, а также при шрифтовых работах. Его боковые стороны слегка выгнуты наружу, ширина по верху 1 — 4 мм, угол между боковыми поверхностями может изменяться.

Мессерштихель – ножевой резец, имеющий форму остроугольного

треугольника. Этим резцом можно резать волосяные линии, на полоске шириной 1 мм можно провести до 10 линий.

Фасетштихель — фасетный резец для прорезки широких и неглубоких линий. Боковые стенки резца параллельны, а режущие поверхности встречаются под углом 100°. Ширина спинки составляет 1,5 — 3 мм.

Юстирштихель – юстировочный резец, применяют для юстировки оправных царг, облегчающих вставку камня в ювелирное изделие. Резец имеет выгнутые боковые стороны, которые в поперечном сечении

образуют острый овал. Поверхность среза шлифуют косо относительно главной оси

Флахштихель плоский резец, нанесения используется только ДЛЯ широких и плоских линий. Ювелиры используют доработке его при монтировке украшений, выравнивания плоскостей и т.п.

Болштихель – полукруглый резец для резки строгих шрифтов различной также гравировке ширины, при углублений при круглой и полукруглой выборке. Полотно может быть уже или шире спинки, но всегда круглое. Ширина полотна от 0,1 до 5 мм.

Фаденштихель - нитяной резец, имеет на полотне множество продольных желобков используется И декоративных поделок и для оживления рисунков.

Для выполнения гравировки вогнутых поверхностей или в углублениях применяют гнутые штихели. С этой целью нужные штихели после нагрева изгибают с двойной кривизной, или выполненной в одной плоскости.

При работе штихели держат рабочей руке, с упором рукоятки в ладонь. Большой указательный И палец рабочем поддерживают штихель положении. Локоть находится на весу и единственной опорой служит большой палец, который является и ограничителем против проскальзывания штихеля вперёд. Указательный палец при этом регулирует ребро штихеля силу нажима на направляет ПО линиям его рисунка. Штихель ведут всегда по прямой линии налево, проталкивая вперёд справа небольшими участками.

При гравировании кривых линий и закруглений поворот штихеля допускают в небольших пределах, а все изгибы линий рисунка осуществляет левая

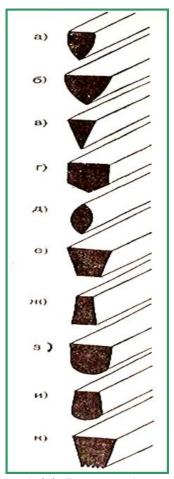


Рис. 4.14. Разновидности штихелей:

а – узкий шпицштихель; б – широкий шпицштихель; в – мессерштихель (ножевой штихель);

г – фасетитихель (фасетный штихель); д - юстирштихель

(юстировочный штихель); е – флахштихель с широкой спинкой;

ж – то же с узкой спинкой; з – болхштихель с широкой спинкой;

и – то же с узкой спинкой; к – фаденитихель (нитяной штихель).

рука, поворачивающая заготовку, закреплённую на шрабкугеле (*или колодке*), навстречу резцу. Чем мягче металл заготовки, тем угол резания делают острее. При резании мягких материалов, например дерева, угол равен 45° ; для стали он составляет $60-65^{\circ}$. В работе острый штихель берёт стружку не более 0,1-0,2 мм.

При плоском гравировании можно использовать практически все металлы и неметаллические материалы. Лучше всего поддаются гравировке латуни, томпаки, пробное серебро, некоторые стали. Хорошо гравируются бронза, цинк, никелевые сплавы. Хуже гравировать на чистом золоте, серебре, платине и алюминии.

Обронное гравирование

Обронное гравирование (трёхмерное) это способ обработки металла, при котором режется рельеф или округлая скульптура. Различают два вида гравирования – позитивное или выпуклое, когда рельеф выше фона (фон снят, углублён) и углублённое (негативное), когда рисунок или рельеф Художественное гравирование режется внутрь. применяют изготовления гравюр, эстампов, офортов, клише ситценакатных валов, багетных роликов, конгревных досок, клейм для тиснения, пуансонов и матриц для штампов, пресс-форм для литья и т.п. Различают ручное гравирование и машинное. В настоящее время обронное гравирование распространено шире, чем плоскостное, так как оно применяется при серийном производстве изделий – штампов, пресс-форм и Т.Π.

Трехмерное гравирование более трудоёмкий способ обработки металла по сравнению с плоскостным, так как оброном выполняют рельеф и объёмные предметы, что требует снятия большей массы металла. При такой работе кроме штихелей используют и зубила.

Зубила это стальные стержни толщиной 6 – 10 мм и длиной 120 – 150 мм. Их рабочий конец изготавливают по форме нужного штихеля и различают: спицзубило, фляхзубило и болзубило. Изготавливают из легированной стали, рабочий конец закаливают и отпускают. Также для разметки металла применяют кернер (*керн*), имеющий большой угол заострения; сечки – плоские зубила различной ширины с заточкой на одну сторону, а также чеканы с различными рабочими концами для выравнивания фона и набивки фактуры.

Пуансоны изготавливают из инструментальной стали толщиной 6, 7 и 10 мм и соответственно длиной 65, 85 и 100 мм. Рабочему концу пуансона придают небольшой конус, а на рабочей торцевой площадке гравируют букву или цифру, а также её отдельные части в позитивном или негативном изображении.

От обычных пуансонов отличаются *«зеки»*. Это пуансоны, изготовленные по форме буквы, но таким образом, чтобы на рабочей

поверхности были выпуклыми те места, которые в букве или цифре должны быть вдавленными и углублёнными. Такая «зека» ставится при работе на место, где должна быть выгравирована буква, затем по ней наносят удар, металл оседает, и в дальнейшем гравируют только наружные очертания буквы.

Разновидностью пуансона являются маточники, на рабочей поверхности которых гравируют часть рельефа или элемент орнамента.

При работе пуансоном заготовку укрепляют в шрабкугеле или колодке, под которую подкладывают кранц.

Процесс обронного гравирования состоит из подготовительной операции и самого гравирования. Вначале готовят рисунок с разрезами рельефа и высоты отдельных частей. Кроме того, для работы требуется модель — копия авторского оригинала, выполненная в гипсе. Переводят рисунок одним из следующих способов. Поверхность заготовки покрывают белой акварельной краской, после чего наносят рисунок с разметкой. Или на заготовку, покрытую белой краской, наносят тонкий слой воска или пластилина. Затем на кальке выполняют рисунок, учитывая, каким он будет на металле — прямым или обратным (зеркальным). Зеркальный рисунок делают при гравировании печатей, факсимиле и т.д. Скопированный на кальку рисунок укладывают лицевой стороной на заготовку и притирают рукояткой штихеля. Затем осторожно кальку снимают, оставляя отпечаток карандашного рисунка.

Выполнение гравирования различно в зависимости от того, будет ли оно выпуклым (позитивным) или углублённым (негативным). При выпуклом оброне рисунок оконтуривается стальной иглой или спицштихелем, затем вокруг рисунка выбирают первую стружку. Иногда штихелю придают уклон, чтобы стенка рисунка была конусной. Затем начинают выбирать фон с помощью флахштихеля или флахзубила. При глубокой выборке или при гравировании закруглений используют болштихель или зубило. После вырубки всего поля до нужной глубины, начинают обрабатывать рельеф.

С целью ускорения работ при гравировании повторяющихся элементов или для выполнения мелких и сложных деталей применяют пуансоны, зеки и маточники, которые изготавливают предварительно исходя их рисунка.

При углублённом оброне на отшлифованную поверхность наносят контур рельефа и обводят его шпицштихелем, затем начинают вырубку металла внутри контура. Рубку металла ведут различными зубилами. Проверку профиля и глубины производят с помощью пластилинового оттиска.

Следует отметить, что оба способа очень трудоёмки, так как ещё необходима отделка гнутыми штихелями и рифлёвками.

4.7. Чернь

Чернь — один из древнейших методов декорирования художественных произведений из золота и серебра. На Руси этот способ относят к X веку, а полный расцвет к XV — XVI векам. Подробная технология черни впервые была описана в трактате о ювелирном искусстве Бенвенуто Челлини (1500-1571), в котором приведены составы и приёмы приготовления. Чернь состоит из серебра, меди, свинца ($unu\ onoвa$) и серы, которые сплавлены в различных пропорциях. Для предохранения от окисления в процессе плавления используется специальный флюс. Применяются несколько методов изготовления черни, дающие высокие художественные результаты.

Способ известный в Германии: 1 часть серебра и 2 части меди с добавлением небольшого количества буры сплавляют Одновременно в тигле плавят 3 части свинца, затем медленно выливают при непрерывном перемешивании в сплав серебра и меди. В высоком тигле нагревают порошок серы, количество которой берут в соотношении 1 часть сплава к 1.2 - 1.5 частям серы (по объёму). Ранее полученный тройной сплав при постоянном перемешивании смешивают с разогретым серным порошком, который взят с учётом угара. В процессе постоянного перемешивания образуются хрупкие чёрные соединения меди и серебра с серой. Полученную смесь выливают в воду, при этом качественная чернь должна быть хрупкой как стекло. В противном случае – её расплавляют ещё раз. Следует помнить, что перегрев и длительная выдержка черни при высокой температуре способствуют выгоранию серы, содержание которой необходимо восстанавливать.

В горячей дистиллированной воде растворяют порошок хлористого алюминия, служащий в качестве флюса. Его добавляют к кускам черни и тонко растирают в количестве необходимом для работы, так как влажную чернь необходимо сразу наносить на изделие. В случае высыхания массы, её наносить нельзя.

Способ, применявшийся в России. В тигле расплавляют необходимое количество серебра и меди, затем вводят в расплав свинец и небольшое количество буры для предотвращения окисления. С зеркала полученного расплава снимают шлак и небольшими порциями начинают добавлять серу, при непрерывном перемешивании. Затем вновь добавляют флюс, перемешивают, снимают шлак и чернь выливают на чугунную сковороду. Остывшую и затвердевшую чернь дробят и переплавляют вновь с добавкой серы и флюса. Плавку ведут с непрерывным перемешиванием, а затем обязательно удаляют шлак. Операцию переплавки повторяют до трёх раз с целью получения черни высокого качества. Готовую чернь измельчают и просеивают.

Способ, разработанный под руководством А. Г. Спасского (СССР). Готовят сернистое серебро, сернистую медь и сернистый свинец, а затем их сплавляют вместе в определённом количестве.

Для приготовления сернистого серебра берут 97,8 г чистого серебра (в виде стружки) и 20 г серы (в виде порошка), перемешивают и постепенно нагревают в графитовом тигле до 300 – 400 °С. В результате образуется сернистое серебро. Аналогичным образом готовят сернистую медь из 800 г меди и 250 г серы, а также сернистый свинец из 400 г свинца и 75 г серы. Полученные сернистые соединения измельчают и смешивают. Так, для 1 кг черни берут, г: 111,2 сернистого серебра; 466,6 сернистой меди и 422,2 сернистого свинца.

Полученную смесь насыпают в графитовый тигель, сверху засыпают древесный уголь и помещают в муфельную печь, нагретую до 800 °C. Через 30 – 40 мин, когда температура черни в тигле достигает 600 – 650 °C, в него добавляют хлористый аммоний из расчёта 284 г аммония на 1 кг черни. Затем тигель закрывают графитовой крышкой и после полного расплавления смеси её выливают в нагретую до 300 °C изложницу. Иногда в качестве флюса используют поташ с поваренной солью или буру, последняя даёт лучшие результаты, чем хлористый аммоний.

В таблице 4.1 приведены некоторые составы масс для чернения.

Наложение и обжиг черни. Перед наложением черни поверхность изделия шлифуют. Края изделия и места пайки, а также места, в которых черни не должно быть, обмазывают огнеупорной глиной, замешанной на воде, и сушат. Глина предохраняет места пайки от выгорания припоя и расплывания черни. Накладывают чернь сухим и мокрым способом.

Сухой способ наложения черни состоит в том, что поверхность изделия предварительно смачивается водным раствором поташа, буры и поваренной соли, а затем на неё насыпают тонко измельчённый и просеянный порошок черни. Эти места сушат, а чернь, случайно попавшую на другую поверхность, удаляют. Подготовленное изделие помещают в муфель и обжигают при температуре 300 – 400 °C.

Мокрый способ. Этот метод заключается в том, что чернь наносят на изделие в виде сметанообразной кашицы (*используется вода*) в углубления очищенные от жира. Сырую из тонкого порошка чернь, разведенную на хлористоаммониевом растворе, кисточкой или шпателем накладывают в углубления. При этом смесь наносят плотно до краёв, несколько уплотняя, а затем оставляют для испарения воды.

Изделие с нанесенной чернью вначале ставят возле печи для подсушки, а затем в муфельную печь. В процессе плавления чернь размягчается, плавится и заполняет углубления, покрывая изделие. Если происходит перекаливание, сера выгорает и слой теряет гладкость, появляются поры, губчатость и пятна. Чернь в маленьких изделиях нагревают газовой горелкой с оборотной стороны. В случае неполного

заполнения расплавленной чернью углублений, её добавляют в недостающие места и нагревают вновь.

Таблица 4.1 Составы масс для чернения

| NoNo | Хил | мическ | Флюс, в вес. частях | | | | | |
|------|---------|--------|---------------------|-------|------|------|------|-----------|
| пп | серебро | медь | свинец | олово | вис- | cepa | бура | хлористый |
| | | | | | мут | | | аммоний |
| 1 | 4 | 9 | 9 | - | - | 48 | 2 | - |
| 2 | 2 | 5 | 3 | - | - | 24 | 1 | - |
| 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | ı | 12 | 1 | - |
| 4 | 1 | 5 | 7 | - | 1 | 24 | 4 | - |
| 5 | 2 | 9 | 15 | - | ı | 75 | - | 2,5 |
| 6 | 38 | 72 | 50 | - | ı | 384 | 36 | - |
| 7 | 9 | 1 | 1 | - | 1 | 30 | - | - |
| 8 | 1 | 2 | - | 3 | ı | - | 6 | - |
| 9 | 3 | 2 | 2 | - | - | - | - | - |
| 10 | 1 | 3 | 3 | - | - | - | 6 | - |

Удаление излишков черни и отделка изделия. После оплавления чернь прочно соединяется с металлом основы и не разрушается даже после его деформации. Излишки черни, которая вышла за пределы рисунка, удаляют с помощью опиловки напильником или шабером, далее изделие шлифуют и при необходимости полируют. Часто фон изделия дополнительно обрабатывают резцом или канфарником, иногда золотят. Если изделия золотят в гальванических ваннах, то чернь необходимо защитить лаком, так как она хорошо проводит ток.

Изделия под чернь готовят с помощью гравировки, чеканки, штамповки, оброна, литья. Необходимым условием при этом является наличие углублений — не менее $0.2-0.5\,\mathrm{mm}$.

В искусстве использования черни выделяют приёмы, которые позволяют воспринимать художественную композицию как белое на черном или черное на белом. В домонгольской русской черни X – XII вв. ею заполнялся фон рисунка, при этом светлый рисунок хорошо смотрелся на черном фоне. С XIII века чернью заполняются углубления рисунка (рисунок контурный или сплошной), чёрный рисунок чётко проявляется на светлом фоне. В XVI – XVII веках между черным и светлым рисунком наступает гармония, и основным в художественной композиции становится красота восприятия.

В искусстве чернения возможна передача светотени, объёма, пространства и планов, особенно это касается произведений Великого Устюга. Эти традиции продолжаются и в настоящее время.

4.8. Насечка (тауширование)

Насечка (*тауширование*) — древний способ отделки бронзовых и стальных изделий благородными металлами. Используется для декорирования предметов бытового назначения, боевого снаряжения, мечей, кинжалов, щитов, шлемов и огнестрельного оружия.

Сущность метода заключается в том, что поверхность изделий насекается и на эти поверхности набивается золотой или серебряный узор — орнамент из завитков и стилизованных растений, изображения животных, птиц или людей. Иногда выполняются целые сцены, орнаментированные надписи (древнерусская вязь) или изречения из Корана на изделиях Востока.

Насечка произошла от инкрустации бронзовых изделий золотом и серебром в искусстве Древней Греции, которая называлась *«хризографией»*. Исследователи относят способ *«хризографии»* к египетской и крито-микенской культурам (*статуэтка царицы Каромамы – Новое царство*).

Начиная с IX - X вв. уже железные изделия украшают золотом и серебром. Расцвет использования золотой насечки относят к XII в. в Древней Руси, Византии, Сирии, Иране, Китае, Японии, а также в искусстве Кавказа и Европы. Отмечается всплеск интереса к насечке на Руси в XVI – XVII веках. В бывшем СССР этим приёмом пользовались мастера-художники из аула Кубачи, в Златоусте на Урале, тульские и ижевские оружейники.

Специалисты различают несколько приёмов золотой насечки. Врезная таушировка (*инкрустация*) — рисунок режут штихелем или вырубают зубилом. Набивная или поверхностная таушировка (*насечка*), различают: ленточную таушировку, таушировку волоченной проволокой, листовую таушировку с рассечкой; таушировку с последующей наводкой.

Врезная таушировка (*инкрустация*). Этот способ берёт свое начало от хризографии и заключается в том, что на поверхности стального изделия вырезается глубокий рисунок, при этом стенки его имеют противоположный уклон - поднутряются, для того, чтобы золотой узор прочнее держался. Обычно глубина рисунка составляет $1,0-1,5\,$ мм. В зависимости от того, каким инструментом выполняют рисунок и как накладывают драгоценный металл, инкрустация бывает двух разновидностей.

Рисунок вырезается штихелем. Гравировка металла штихелем позволяет получить чёткий рисунок. Затем точно по рисунку, его углублению, подготавливают фрагменты будущего узора из благородного металла. Все части выполняют из золота, серебра или их комбинаций. Например, часть рисунка делают из червонного золота, а часть из зелёного (сплав золота и серебра). Когда отдельные части композиции изготовлены (завитки, листья, буквы и т.п.), их укладывают в углубления и вбивают небольшим молотком заподлицо с фоном. Работа заканчивается полировкой всего изделия.

Рисунок выполняется зубилом — сечкой. Этим инструментом ту же по существу работу выполнять легче, так как рубить твёрдую сталь проще, чем резать. Но при этом рисунок упрощается, а контуры его становятся угловатыми из-за чего золото забивается не заподлицо с фоном, а несколько выше и шире местами по направлению к фону. Создаётся своеобразный рисунок, в котором золото как бы натекает на фон, этот недостаток вырубки смягчается и исправляется.

Набивная или поверхностная таушировка (насечка). Эта техника отличается от приведенных выше, так как не требуется вырезать углубления под рисунок. Золото набивается на поверхность изделия, которая предварительно насекается зубилом. Насечку выполняют сплошной мелкой сеткой или канавками и пунктирными штрихами, в соответствии с линиями рисунка. Насечка выполняется так, что поднимает края и образует острые заусенцы.

В качестве инструмента для выполнения насечки используют специальные зубила. Для сплошной насечки сеткой применяют плоское зубило длиной 80-100 мм, из стального прутка квадратного сечения 3×3 или 4×4 мм. В случае пунктирной и штриховой насечки рабочий конец зубила затачивают остро на три грани. Затем золото забивают в подготовленную поверхность молотком. Эта техника проще, чем врезная, однако требующая высокого мастерства.

Пенточная таушировка. Наиболее древний способ насечки, когда ещё не умели волочить проволоку и делать ленту, поэтому тонкие полоски благородного металла отрезали от раскованного листа. Ширина и толщина таких прямоугольных в сечении ленточек не превышала 0,2-0,3 мм. Примером такой обработки может быть железный шлем византийской работы XII — XIII вв. (Оружейная палата). Весь конус шлема покрыт тончайшим кружевом из золотых и серебряных завитков. Орнамент изготавливался отдельно из тонких золотых и серебряных ленточек и набивался в сплошь насечённую мелкой сеткой поверхность стального шлема. Также оформлены фигуры расположенные в нижней части шлема.

Таушировка золоченой проволокой. Этот приём начал применяться с XVI в. (были изобретены волочильные станки). Изменился способ изготовления проволоки и наложения её на рисунок. Проволоку

укладывают непосредственно с мотка, обрезая, когда участок заканчивается. Затем закрепляют конец проволоки в заусенце, проволоку прокладывают по линиям намеченного рисунка и прижимают в насечку с помощью специального зубила, вбивая её в насечку молотком. Рисунок может вбиваться заподлицо с фоном и заполировываться до невидимости. В другом случае проволоку расплющивают несильно, из-за чего она выступает над поверхностью невысоким рельефом. При этом толщина проволоки может меняться от 0,15 до 0,30 мм, иногда толще.

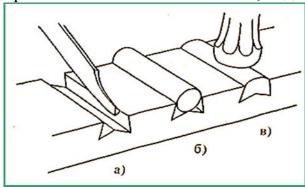


Рис. 4.15 Современная насечка проволокой: а – вырезка канавки штихелем;

б – вкладка проволоки; в – посадка проволоки молотком Современные мастера, используя новую технику, выполняют насечку штихелем или зубилом, а также травление с последующей доработкой штихелем или чеканом. Вначале намечают контур острым расходником, а затем расширяют желобок плоским чеканом (рис. 4.15).

Листовая таушировка с рассечкой. Этот способ подобен инкрустации и заключается в том, что рисунок вырезается целиком

или по частям из листового металла, но подготовленные углубления под него не делаются. Рисунок накладывается на приподнятую насечкой поверхность металла и вбивается молотком в заусеницы. Для более плотного закрепления рисунка на изделии он дополнительно рассекается тупым зубилом. Углубления от рассечки придают художественному изделию своеобразный стиль.

Таушировка с последующей наводкой. Для отдельного сокрытия проволоки в орнаменте и придания ему цельности, применяют последующую наводку. Для этого золотой амальгамой наращивают рельеф по линиям рисунка и нагревают изделие до испарения ртути. При этом рисунок становится похожим на написанный кистью.

Кроме насечки благородными металлами можно использовать и цветные — медь, латунь и др. Хорошо смотрится насечка, выполненная алюминиевой проволокой, особенно на тёмном фоне стального изделия.

Особый интерес представляет насечка серебром и мельхиором по твёрдым породам дерева – самшиту, кизилу, абрикосу.

Золотая и серебряная наводка по красной меди с применением чёрного лака. В этой технике выполнены входные двери Успенского и Благовещенского соборов Московского Кремля (XV в.). Две суздальские двери (XIII в.), Лихачёвские двери (царские алтарные двери) Русского музея в Санкт-Петербурге и Васильевские врата в Новгороде. На Западе

подобные двери есть в соборе св. Марка в Венеции. Профессор Ф. Я. Мишуков описал технику этой наводки. Отшлифованную пластину красной меди толщиной 1-3 мм покрывают лаком состоящим (в частях) из скипидара — 12, асфальта — 8, жёлтого воска — 4, сосновой смолы — 2. Лак варят на водяной бане для хорошего смешивания, потом наносят на подогретую пластину, ровно до золотистого тона. Подготовленную таким образом пластину коптят над пламенем. Получается чёрная плоскость, похожая на покрытую эмалью. Затем пластину просушивают, следя, чтобы лак не закипел. После этого стальной иглой наносят рисунок и ножом выскабливают в виде пробелов, тонких контуров или сплошных светлых поверхностей.

Готовую пластину подогревают до почернения меди и отбеливают в слабом (5 %-ном) горячем растворе серной кислоты. Изделие промывают и на влажную поверхность наносят золотую амальгаму. Ртуть соединяется с чистой поверхностью красной меди и покрывает все линии рисунка ровным серебристым слоем. После этого пластину нагревают, ртуть испаряется, а золото восстанавливается. Экспериментальные исследования показали, что ртутный способ золочения может быть заменён серебрением или золочением в гальванической ванне. Однако при длительном нахождении в горячем цианистом электролите лак разрушается, а при серебрении в холодном электролите держится хорошо.

Если лак наносить на латунь, то после выскабливания чистая поверхность латуни хорошо гармонирует с чёрным фоном изделия. Затем поверхность следует покрыть бесцветным или слегка золотистым нитролаком. Этот способ без использования золота напоминает древнюю наводку.

4.9. Филигрань (скань)

Филигрань (*скань*), также один из древних художественных способов обработки металла. Своё название способ получил от двух латинских слов *«филюм»* - нить и *«гранум»* - зерно. Термин *«скань»* - славянского происхождения и является старославянским глаголом *«съкати»* - ссучивать, свивать, сучить. Из этих слов ясна технология филиграни, это проволока и мелкие шарики, составляющие узор. Слово скань подчёркивает характерную особенность производства – свивание шнура.

Скань, туго скрученная из тонкой проволоки и дополненная *«зернью»*, придает изделию красоту и высокое качество. В настоящее время слово *«зернь»* утеряно и заменено словом *«кальнер»*, немецкое слово от *«корн»*, тоже означающее зерно.

В древнем филигранном искусстве специалисты отмечают преобладание зерни (изделия скифов), гладкая витая проволока при этом

встречается редко. Зернь также характерна для сканных изделий X и XI вв. Так, на звёздчатом котле из с. Кресты, насчитывается более шести тысяч шариков диаметром не более 0,5 мм.

С XII века в филиграни преобладает проволочный узор. Орнамент состоит из сучёной проволоки в форме спиральных завитков, которые напаиваются на листовой металл в качестве фона.

В XIII веке появляется ажурная, сложная и рельефная филигрань. К периоду XIII и XIV вв. относится и золотая *«шапка»* Мономаха, выполненная в сканной технике и украшенная драгоценными камнями. К этому времени зернь практически исчезает.

После татаро-монгольского нашествия сканное искусство перестало существовать и только в XVI и особенно в XVII веках оно вновь начинает развиваться и становится полихромным — в композицию изделий включают неметаллические материалы (эмаль, стекло, драгоценные камни, резное дерево и кость). Сосредоточены производства скани были в царских, княжеских и монастырских мастерских. В конце века появляются ремесленники, производящие скань для широкого потребления. В это же время появляются волочильщики, занятые производством проволоки.

В XIX и начале XX вв. филигранные изделия выпускаются промышленностью. Это время характерно расцветом рельефно-ажурной филиграни для окладов икон, и кроме того возрождается ажурная филигрань с эмалью — *«оконная»* эмаль.

Различают большое количество видов и типов филиграни.

Напайная филигрань — узор из гладкой или сучёной проволоки вместе с зернью напаивается на листовой материал. Этот вид скани имеет несколько разновидностей:

- ▶ фоновая, или глухая филигрань узор напаивают на листовой металл, добавляя иногда канфарение фона;
- » просечная, или выпильная филигрань, когда после пайки узора фон выпиливают или удаляют просечкой;
- ▶ рельефная филигрань по чеканке сканный узор напаивают на заранее подготовленный чеканный рельеф;
- ➤ напайная филигрань с эмалью или перегородчатая эмаль, когда после пайки скани промежутки в ней заполняются эмалью.

Ажурная филигрань – способ, при котором узор, состоящий из элементов, спаивается между собой без фона, и составляет кружево из металла, а зернь напаивается на кружево. Этот вид филиграни имеет следующие разновидности:

▶ плоская ажурная филигрань — представляет собой плоское двухмерное кружево, образованное элементами проволочного узора, спаянными между собой в одной плоскости;

- ажурная филигрань с эмалью, или «оконная» эмаль пространство между сканными элементами заполнены прозрачной, просвечивающейся эмалью;
- скульптурно-рельефная ажурная филигрань, представляющая трёхмерный рельеф, образованный ажурной филигранью;
- ▶ многоплановая или сложная филигрань состоит из сканного узора, который строится из многих планов напаянных один на другой со своим сюжетом, при этом один план служит фоном для другого, образуя трёхмерное изделие.

Объёмная филигрань — изделие, выполненное в сканной технике. Например, вазы, кубки, подносы, ларцы, коробки, объёмные изображения зверей, птиц, архитектурные формы и т.п. Предмет обычно состоит из отдельных частей, которые затем монтируют в целую композицию. При этом в одном предмете используют различные виды филиграни, ажурные детали сочетают с фонами, дополнительно украшенные чеканкой, драгоценными камнями и эмалью и т.п.

Технологический процесс изготовления филиграни состоит из подготовительных операций, заготовки скани, набора скани и пайки филигранных изделий.

Подготовительные операции. Рисунок филигранного изделия вначале разбивают на составные части и для каждой части вычерчивают развёртку. После этого рисунок разбивают на составные элементы и для каждого элемента устанавливают толщину и вид проволоки (скань, гладь, шнурок). В общем, орнамент разбивается на простейшие составные элементы. Считают, чем проще элемент, тем короче отрезок проволоки и тем точнее его можно подогнать к участку контурной линии рисунка. Выгибать сложные и длинные профили не целесообразно.

Заготовка скани. Материалом для скани служат чистые металлы — золото, серебро, медь. В чистом виде эти металлы более пластичны и температура пайки у них близкая. Иногда допускается по уровню цены использование 958 пробы для золота и 916 пробы для серебра. Исключением является заготовка зерни, она может изготавливаться из указанных проб металлов, а для медных сканных работ зернь иногда плавят из латуни.

Скань готовят нужной толщины из проволоки, если проволока толще её пропускают через фильер волочильной доски. Волочильная доска или циейзен (немецкий), представляет собой стальную пластину, в которой располагаются по убыванию ряды отверстий. Для более лёгкого и чистого волочения отверстия смазывают маслом или воском. При волочении проволока, как правило, наклёпывается, поэтому её необходимо периодически отжигать. Медную проволоку отжигают через каждые 3 – 4 отверстия, также как и серебряную 875 пробы. Чистое серебро отжигают через 5 – 6 отверстий, а золото через 6 – 8. Для предотвращения

оплавления проволоку предварительно сматывают в моток для равномерного прогрева. Если проволока очень тонкая для равномерного прогрева её наматывают на латунный ролик.

После каждого отжига проволоку отбеливают в слабом растворе серной кислоты (5-10 %-ном), промывают и просушивают. Особенно это относится к меди и лигатурному серебру.

Проволоку для скани ссучивают и плющат в вальцах. Свивание (*скручивание*) производят на ручных приспособлениях или на шпинделях электромоторов. При этом скрутка скани должна быть слабой. Затем скань отбеливают, прокатывают в вальцах, вновь отжигают, промывают и сушат. Кроме сученой скани для филиграни используют и гладкую вальцованную или круглую проволоку, так называемую гладь, которая в сочетании со сканью обогащает рисунок.

Шнуры для скани различают по толщине и рисунку. Простейшие шнуры шьют из двух более толстых круглых проволок, их не вальцуют. Более сложные шнуры готовят из трёх или четырёх проволок. Хороший рисунок получают при свивании двух проволок, после чего их складывают вдвое и вновь свивают. Также свивают проволоку различной толщины или плетут шнур как косу из трёх проволок. Своеобразным декоративным элементом скани является *«струнцал»*, который свивают по принципу канители, когда тонкую проволоку навивают на толстую, чтобы виток плотно ложился к витку.

Красивым элементом скани является *«зернь»* - мелкие шарики. Для того чтобы проволоку можно было разрезать на одинаковые кусочки её навивают спиралеобразно, виток к витку, на гладкий круглый стальной стержень. Полученную спираль снимают со стержня и разрезают на отдельные витки. Затем смешивают такие колечки с угольным порошком и нагревают в муфеле до оплавления. Колечки при оплавлении превращаются в шарики одного размера. При небольших заготовках зернь оплавляют на листовом асбесте или куске древесного угля. Если необходимы правильные полушары, то колечки оплавляют на листовой слюде.

Набор скани. Эту операцию выполняют в два приёма: выгибают каждый элемент рисунка из скани, глади или шнура и устанавливают на клею в заданное место рисунка. Лучше если все элементы рисунка предварительно заготовлены и только затем установлены на место. Операцию набора выполняют с помощью пинцета, используя ровную металлическую пластину (из цинка или алюминия) размером 150×200 мм и толщиной 2-3 мм.

В условиях современного предприятия заготовка отдельных элементов рисунка производится на специальных приспособлениях: для навивки колечек используют гладкие стальные ригели диаметром от 0,5 до 10 мм; формовка зубчиков производится на зубчатых вальцах и т.д.

Напайная филигрань (фоновая). Рисунок переводят на подготовленную (отожжённую, отбелённую, промытую и высушенную) заготовку из листового металла (золота, серебра, красной меди), по толщине, размерам и конфигурации соответствующую рисунку и предназначенную для фона. Набор начинают с установки главных наиболее крупных элементов композиции, выполненных из толстого шнура или рамки по контуру рисунка. Если в наборе предусмотрены драгоценные камни, то определяют места под касты, а затем ставят второстепенные элементы рисунка из тонкой проволоки (скани или глади), после чего ставят тонкие и мелкие детали. Набор заканчивают укладкой зерни.

В прежние времена набор производился на столярный или вишнёвый (камедь) клей. В настоящее время элементы устанавливают на нитролаке или клее БФ и др. Для этого укладывают элемент на нужное место, а затем наносят каплю клея, который, растекаясь, обволакивает проволоку тонким слоем, быстро высыхает и приклеивает скань к фону.

При наборе зерни необходимо под каждое зерно укладывать колечко или канфарить фон, т. е. острым чеканом отмечать место каждого зерна. Такая операция позволяет увеличить прочность пайки.

Объёмная фоновая филигрань. Этот вид скани выполняют на предварительно выдавленных, штампованных объёмных формах — цилиндрах, конусах, шарах или цветах, листьях, изображениях животных. В этом случае набор выполнять труднее, чем на плоскости, так как элементы требуют соответствующего изгиба для плотного прилегания к фону. Для упрощения набор скани выполняют на плоских развёртках этих фигур, а после пайки к фону, сворачивают соответствующую фигуру.

<u>Набор плоской ажурной филиграни.</u> Набор этого вида филиграни производят с помощью нитролака на писчей бумаге, на переведенный предварительно рисунок. В этом случае набор следует выполнять очень плотно. Бумага для набора не должна быть слишком плотной, так как во время пайки сгорает неравномерно и деформирует рисунок. Кроме того, от такой бумаги после сгорания остаётся много золы, которая затрудняет дальнейшую пайку.

Набор объёмной ажурной филиграни. Этот вид филиграни набирают на специальных шаблонах из углеродистой стали. Лучшим материалом является чёрный декопир толщиной 0.5-0.8 мм или кровельное железо. Шаблоны изготавливают вручную дифовкой или на давильном станке. Они не должны иметь паяных швов, которые могут распаяться во время пайки скани. Операцию набора в этом случае ведут, как и при объёмной фоновой филиграни, но при пайке филигрань к шаблону не пристаёт. Иногда набор производят на плоскости, а затем после пайки укладывают в заданный объём и дифовкой подгоняют. С целью придания объёмному

изделию большей прочности с тыльной стороны к нему подпаивают каркасы различной конфигурации.

Пайка филигранных изделий. Если филигрань набирают на столярном клею, то обязательным условием является обвязка элементов тонкой железной проволокой - биндой, так как столярный клей при нагревании вспучивается и кипит, что приводит к разобщению набора. Бинда должна обвивать каждую деталь филиграни.

При пайке ажурной филиграни набранной на бумаге её привязывают к пластине из мягкой стали толщиной 0.5-0.8 мм, большего размера, чем рисунок и предварительно натирают мелом для предотвращения припайки к пластине.

Изделия, набранные на нитролаке или клее БФ, не привязывают, так как клей сгорает мгновенно и не позволяет ему распасться.

Примеры припоев для пайки филиграни приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 Припои для пайки филиграни

| | Состав припоя (в частях) | | | | | | |
|---------------|--------------------------|--------------|-----------|--------|---------------|--|--|
| Пайка изделий | МОПІ | | серебро | | | | |
| Паика изделии | медь чистая | проба 875 | проба 916 | чистое | золото чистое | | |
| Из меди | 1 | 2 | - | - | - | | |
| Из серебра: | | | | | | | |
| без эмали | 1 | 4 | - | - | | | |
| под эмаль | 5 | - | 16 | - | | | |
| Из золота: | | | | | | | |
| без эмали | - | - | - | 3 | 8 | | |
| под эмаль | - | - | - | 1 | 4 | | |

Припой для пайки используют в виде опилок, которые получают опиловкой слитка напильником. Перед использованием из припоя отмагничивают кусочки железа от напильника, так как они остаются в скани и при её отбеливании серной кислотой образуют красно-бурый налёт, который трудно удаляется при отделке.

В качестве флюса используется бура, её измельчают и смешивают с припоем в соотношении 1:1 по объему. Подготовленное к пайке изделие смачивают водой (*пучше раствором буры*) и на мокрую поверхность не очень густо наносят смесь припоя и буры. Количество припоя должно быть достаточным, так как его нехватка приводит к образованию непропаянных мест, а избыток образует наплывы на скани. Пайку рекомендуется производить широким, мягким, коптящим

восстановительным пламенем керосина. Температура горения копоти почти совпадает с температурой плавления припоя $(800 - 850 \, ^{\circ}C)$.

После пайки изделие проверяют, исправляют и если необходимо пропаивают ещё раз. Затем его отбеливают в горячем 5 %-ном растворе серной кислоты, при этом следят, чтобы следы стекловидного флюса от буры были растворены. Это обязательно, остатки буры мешают гальваническому серебрению или золочению изделия.

4.10. Эмалирование (финифть)

Слово *«эмаль»* латинского происхождения, а *«финифть»* - греческого, что означает блестящий камень (*«фингитис»*). Эмаль это стекловидный сплав, различного цвета и температуры плавления. Её в виде порошка наносят на поверхность изделия и сплавляют на нём. Эмаль обладает антикоррозионными свойствами против атмосферных осадков и химических реактивов.

По составу эмали представляют собой твёрдые растворы кремнезёма, глинозёма и других окислов, которые называют *«плавнями»*. Некоторые из них — окислы свинца, калия, натрия — увеличивают легкоплавкость эмалей, делая их менее стойкими к атмосферному влиянию; другие — окиси кремния, алюминия, магния — увеличивают прочность и тугоплавкость.

Д.И.Менделеев рассматривал эмали как растворы более тугоплавких стекловидных соединений в легкоплавких, при этом их соотношение должно было быть таким, чтобы при затвердевании не происходило выделение части вещества в кристаллическом виде, т.е. расстекловывания. Такое возможно, когда в составах эмали преобладают оксиды кремния и соединения. случае тугоплавкие В получения другие легкоплавких соединений, например, окиси натрия и калия, эмаль становится непрочной, легко трескается, разъедается кислотами и даже может растворяться в горячей воде. Также нежелательно иметь избыток окиси свинца, тогда эмаль становится мягкой. Однако окись свинца в заданном соотношении с кремне- и борнокислыми солями образует прочную эмаль и придаёт ей блеск, яркость цвета и легкоплавкость. Такие эмали широко применялись в прошлом.

Эмали различают по составу и разделяют на прозрачные и глухие (*непрозрачные*). Непрозрачными они становятся после добавления в шихту окиси олова и трёхокиси мышьяка. Аналогично влияют соединения фтора и фосфорной кислоты. Обычно цветные эмали получают путём приготовления бесцветного сплава, затем к нему добавляют красители и вновь переплавляют. Примеры составов эмалей приведены в табл. 4.3.

Для получения прозрачных и легкоплавких эмалей рекомендуют состав, в котором количество свинца достигает 61,5 % и вместо окиси

калия введена окись титана. Окиси, % по массе: кремния 21,8; бария 5,5; натрия 8,8; титана 2,4; свинца 61,5.

Таблица 4.3 Бесцветные составы для эмалей

| Компонент | Прозрачные, % | Непрозрачные, % | |
|------------|---------------|-----------------|--|
| Оксиды: | | | |
| свинца | 43,24 | 52,0 | |
| кремния | 39,36 | 30,0 | |
| калия | 15,62 | 6,9 | |
| бария | 0,42 | 1,8 | |
| натрия | 0,18 | 0,8 | |
| Трёхокиси: | | | |
| мышьяка | 1,11 | 8,5 | |
| сурьми | 0,07 | - | |

Цветные эмали получают, используя красители, которые добавляют к основному сплаву в различных пропорциях (*табл. 4.4*).

Основные требования, предъявляемые к эмалям:

- \triangleright легкоплавкость (до 800 °C, для алюминия 600 °C);
- > химическая устойчивость к отбеливанию;
- > хорошая кроющая способность;
- > прочность соединения эмали с металлом;
- яркий, чистый цвет;
- > блеск.

Процесс эмалирования выполняют в три этапа: подготовка изделия под эмаль, наложение эмали, обжиг эмали.

Подготовка изделия под эмаль. На этом этапе проводится очистка металла от загрязнений, оксидных плёнок и т.п. Как правило, производят механическую очистку с помощью крацовочных щёток с последующим обезжириванием и травлением изделия в азотной кислоте или отбеливанием в слабом растворе серной кислоты.

При нанесении эмали на предметы из меди их предварительно нагревают в печи до появления на поверхности плёнки окислов, которая способствует прочному соединению эмали с металлом. Изделие из меди, покрытое окисленной пленкой, вынимают из печи, дают ему остыть и приступают к наложению эмали.

При эмалировании изделий из благородных металлов, производят предварительное *«облагораживание»*, т.е. повышение процентного содержания металла в поверхностном слое. Это достигается многократным отжигом с последующим травлением и крацеванием. Номенклатура

современных эмалей и их интервал отжига приведены в табл. 4.5, количество необходимых отжигов – табл. 4.6.

Таблица 4.4 Красители для цветных эмалей

| Красящие компоненты | Цвет получаемой эмали |
|-----------------------------|---|
| Окись железа в комбинации с | Жёлтый, красный, коричневый, серый, |
| другими соединениями | чёрный |
| Окись марганца | Фиолетовый, коричневый, серый, чёрный |
| Окись меди | Гамма сине-зелёных цветов |
| Металлическая медь | Рубиново-красный (медный рубин), а |
| | также с переходом в розовый и лиловый, |
| | серый и бирюзовый |
| Закись-окись кобальта | Синий различных оттенков, голубой |
| То же в смеси с другими | Фиолетовый, серый, чёрный |
| окислами | |
| Хромовокислый свинец и | Розовый, ярко-красный, коричневый |
| хромпик | |
| Хромистый железняк | Чёрный, коричневый |
| Комбинация окислов: хрома, | Сиреневый и цвета гвоздики (так |
| кобальта, олова, калия | называемые «пинки») |
| Окись урана | Жёлтый, красно-оранжевый |
| Титановая кислота | Жёлтый |
| Трёхокись сурьмы | Жёлтые и оранжевые тона |
| Окись никеля | Серый и коричневый |
| Окись иридия | Чёрный |
| Соединения золота | Различные оттенки красного: от розового |
| | до пурпурного (золотой рубин) |
| Окись олова | Молочно-белый, заглушающий |
| | прозрачность |
| Окись олова вместе с | Бирюзово-лазурный |
| фосфорно-кислой медью | |
| Соединения серебра | Жёлтый |
| Водная окись железа | Охристый |

Следует иметь в виду, что повышенное содержание меди в поверхностном слое серебряных изделий делает невозможным нанесение эмали «золотой» рубин, так как она чернеет. Низкопробные золотые и серебряные сплавы для эмалирования непригодны.

Таблица 4.5 Эмали для серебра (875-я проба), меди и томпака (Л-90)

| Номер | Цвет | Интервал | Номер | Цвет | Интервал | |
|-------|--------------------|------------|-------|----------------|------------|--|
| эмали | | обжига, °С | эмали | | обжига, °С | |
| | Глухие (непрозрачн | ные) | | Прозрачные | | |
| 10 | Белый | 740 - 780 | | Фондон | 800 - 860 | |
| 12 | - // - | 760 - 840 | 32 | (прозрачный) | | |
| 13 | - // - | 820 - 840 | | | | |
| 23 | Серый | 720 - 820 | 102 | Голубой | 720 - 880 | |
| 31 | Чёрный | 780 - 860 | 119 | Фиолетовый | 760 - 880 | |
| 34 | Жёлтый | 720 - 840 | 124 | Синий | 720 - 840 | |
| 28 | Голубой | 720 - 820 | 5 | Красный | 780 - 880 | |
| 60 | Зелёный | 740 - 840 | 83 | Зелёный | 720 - 840 | |
| 85 | Бирюзовый | 740 - 820 | 84 | Зелёно-жёлтый | 700 - 880 | |
| 16 | Опаловый | 780 - 840 | 117 | Коричневый | 720 - 840 | |
| 91/2 | Синий | 740 - 800 | 120 | Сине-зелёный | 700 - 840 | |
| 99 | Жёлто-зелёный | 740 - 800 | 50 | Тёмно-синий | 740 - 880 | |
| 134 | Оранжево- | 760 - 840 | 66 | Светло-синий | 720 - 820 | |
| | красный | | | | | |
| | - | | 103 | Тёмно-зелёный | 720 - 840 | |
| | | | 114 | Морская зелень | 740 - 880 | |

Таблица 4.6 Количество необходимых отжигов с травлением для золота и серебра

| Металл | Проба | Число отжигов | |
|---------|-------|---------------|--|
| | | и травлений | |
| | 958 | 2 | |
| Золото | 750 | 2 - 3 | |
| | 583 | 4 - 5 | |
| | 925 | 2-3 | |
| Серебро | 916 | 3 - 4 | |
| | 900 | 4 - 5 | |
| | 875 | 5 - 6 | |

Наложение эмали. Эмаль выбранного состава предварительно измельчают до размера 0,01 мм. Крупные частицы плохо распределяются ровным слоем по поверхности, а очень мелкие способствуют образованию после отжига мутных пятен (*прозрачные* эмали). При этом необходимо следить, чтобы гранулометрический состав эмали был однородным. С этой

целью после измельчения состав промывают водой, т.е. производят отмучивание пыли. Обычно в условиях предприятий помол состава осуществляют в шаровых мельницах, в условиях лабораторий измельчение проводят в специальных ступках из яшмы или агата.

Способов наложения эмали два: ручной и машинный.

Ручной способ наложения эмали применяют для небольших изделий несложной конфигурации и профилей, как правило, в ювелирном деле. Для этого измельчённую эмаль смешивают с водой и узким шпателем или кистью наносят на определенную поверхность.

Машинный способ наложения эмали применяют для эмалирования больших плоских поверхностей. Измельчённую и просеянную эмаль смешивают с водой, в которую предварительно добавляют связующие: декстрин и мочевину $(2,0-2,5\ \emph{г}\ \text{на}\ 1\ \text{литр}\ \text{шликера})$, а затем наносят на поверхность с помощью специального аэрографа, при этом слой материала должен быть равномерным и тонким. При эмалировании плоских поверхностей, эмаль наносят сразу на обе стороны изделия с целью предотвращения коробления.

Следует помнить, что коэффициент расширения эмали должен соответствовать коэффициенту расширения металла, так как в противном случае, произойдёт отслаивание эмали.

После наложения эмали изделие просушивают для удаления свободной влаги, иначе вода закипает, и на изделии образуются пузыри. Для этого вначале удаляют влагу, накладывая на изделие специальную бумагу, затем просушивают в нагретом муфеле или в небольшой печи до момента, когда перестаёт выделяться пар. Обжиг эмали следует производить сразу после сушки, так как необожжённая эмаль достаточно хрупка. Если при этом произошел откол эмали, то сырой эмали не добавляют (появляется мутное пятно), а поправляют место сухим эмалевым порошком или наносят после снятия всего порошка вновь.

Обжиг эмали. Операция требует нагрева изделий до температуры 600-800 °C, для этого рекомендуется применять камерные электрические печи, а для мелких изделий — муфели. Разрешается использовать для обжига пламенные и газовые печи, однако пламя не должно соприкасаться с эмалью. Пламя обычно направляют на оборотную сторону. Каждый обжигаемый предмет помещают на специальную подставку, которую лучше изготавливать из никеля или никелевых сплавов.

Эмали различаются по температуре плавления, поэтому их предварительно накладывают на пластину из того же материала и нагревают для испытания. Если диапазон разброса температур плавления всех эмалей невелик, то приступают к их наложению на изделие. Однако, бывают случаи когда легкоплавкие эмали выгорают до плавления тугоплавких. Поэтому в практике эмалирования одни из них либо исключают, либо вначале накладывают и обжигают тугоплавкие эмали, а

затем накладывают легкоплавкие и вновь обжигают при более низких температурах.

Эмали до обжига имеют матовый тусклый цвет, затем после нагрева до красного каления они плавятся и приобретают стекловидный блеск. Как только блеск проявляется на изделиях, нагрев прекращают и изделие остывает с печью. Если после первого обжига на изделиях появились трещины, пузыри или обнажился металл, то повторно накладывают эмаль с просушкой и обжигом.

После окончания обжига производят отбеливание металлических частей изделия свободных от эмали. Эту операцию проводят в слабом растворе серной кислоты (не более 15 %), так как более сильный раствор может привести к потускнению поверхности и потере блеска. Поэтому отбеливание лучше производить в концентрированной соляной кислоте, а для эмалей с пониженной кислотоустойчивостью в щавелевой или лимонной. В прежние времена эмали, содержащие большое количество свинца отбеливали с помощью органических веществ – квасом, клюквой и т.п.

Классификация художественных эмалей. Существует большое количество эмалей со своими технологическими особенностями, их можно разделить на следующие разновидности.

Выемчатые эмали. Этот вид художественной обработки был известен в древности египтянам, ассирийцам и финикийцам. Выемчатые эмали получили своё распространение в Византии, Грузии и в домонгольской Руси. Для выполнения такой эмали на изделиях предусматриваются специальные углубления — выемки, которые затем ею заполняются. Глубина выемки влияет на эффект прозрачности эмали: чем глубже выемка, тем темнее краска. Обычно дно выемки делают гладким, так как оно служит рефлектором. Стены выемки режут вертикальными или суживающимися книзу. Расширение стен книзу (как при тушировании) создаёт напряжение в эмали и ведёт к растрескиванию.

Металлическая основа для непрозрачных эмалей остаётся шероховатой. Выемчатую эмаль можно применять для декорирования литых или обронных изделий. Углубления на отливках для укладки эмали, выполняются литьём, в случае оброна режутся штихелем или вырубаются зубилом. Выемчатую эмаль применяют и для чеканных изделий. В этом случае эмалью покрывают углублённый фон или отдельные участки узора.

Промышленные предприятия углубления под эмаль выполняют штамповкой (значки и ювелирные изделия). Углубления эмалью заполняют по-разному, покрывают только дно или нижние части стенок, при этом образуется цветной вогнутый мениск. Кроме того, после многократного заполнения и обжига эмаль уравнивают с краями выемки заподлицо.

Перегородчатые эмали. Известно несколько вариантов технологии изготовления перегородчатых эмалей, все они относятся к древним приёмам художественной обработки изделий.

Перегородчатая эмаль с листовыми (ленточными) перегородками. Этот тип эмалей был известен в Византии и домонгольской Руси. Для его выполнения на тонком золотом листе (высокой пробы) с помощью прорезной (иногда вручную) матрицы продавливалось углубление, соответствующее контуру рисунка. Углубление имело плоское дно и вертикальные стенки высотой в 1,0 – 1,5 мм. Иногда такие углубления не выдавливали, а напаивали в форме коробочки с плоским дном. Затем из очень тонкого золотого листа нарезали узенькие полоски (ленточки), из которых специальным пинцетом выгибали перегородки, соответствующие контуру рисунка и приклеивали ко дну углублений вишнёвым клеем (камеди). После установки всех перегородок на клей, они припаиваются. Пайку осуществляют припоем, у которого температура плавления выше, чем у эмали. Для этого припой (небольшое количество) в виде порошка насыпается между перегородками и изделие нагревают. Клей при нагревании выгорает, а перегородки припаиваются. Затем пространство между перегородками заполняют эмалью, высушивают и обжигают. Операцию производят несколько раз до выравнивания её уровня с перегородкой. Этот вид техники применяют для небольших ювелирных золотых изделий с лицевым изображением или орнаментом.

Перегородчатые эмали с перегородками из проволоки. Этот вид обработки отличается от приведенного выше тем, что перегородки изготавливаются из вальцованной (плющеной) серебряной проволоки диаметром 0.15-0.60 мм. Как правило, основой изделия при этом служит серебро или красная медь, особенно для крупных изделий.

На дифованные из листового металла (*серебра*, *меди*) предметы, выколоченные целиком или по частям, укладываются на клею перегородки из вальцованной проволоки и сразу же без пайки, между ними укладывается эмаль. При обжиге клей выгорает, эмаль сплавляется, а масса эмали удерживается перегородкой. Затем изделие шлифуют, выступающие перегородки подрезают, а эмаль сплавляют вновь для появления блеска.

Филигранные перегородчатые эмали. Применялись на Руси в XVI – XVII веках. Изготавливались эмали из золота, серебра и меди, ими украшали посуду, ювелирные украшения, ларцы, коробочки, церковную утварь, оклады икон и т.п. Перегородки в этом случае делали из филиграни сучёной или вальцованной проволоки, набираемые по рисунку и напаиваемые на изделие. Затем изделие заполняли эмалью и обжигали.

Оконная эмаль. Бенвенуто Челлини упоминает об этом виде искусства в своём «Трактате об искусстве», известном в XVI в. Она

представляет собой миниатюрный цветной прозрачный витраж, работающий на просвет. Оконная эмаль применяется в ювелирном деле, её основой служит ажурная филигрань, просветы в которой заполняются мокрой молотой эмалевой массой. После этого изделие сушат и сразу обжигают. Эмаль при этом сплавляется и превращается в стекло, вправленное в просветы металлического кружева. Этот тип эмали применяют для изготовления кулонов, серёг, подвесок и т.п., так как прозрачные эмали чистых тонов напоминают аметисты, сапфиры и рубины.

Обычно в качестве основы применяют золотой сплав 583-й пробы, серебряный 875-й пробы и томпак Л-90. Изделие под эмалирование отжигают в муфеле при температуре 400 °C до появления окисной плёнки, охлаждают и отбеливают в концентрированной соляной кислоте, и в течение 1-2 мин промывают в проточной воде. Затем изделие карцуют на капроновых щётках с 3 %-ным раствором поташа, и снова промывают в горячей и холодной воде.

Изделия из томпака дополнительно протравливают в смеси: 730,8 мл концентрированной азотной кислоты; 109,2 мл концентрированной серной кислоты и 20 мл разбавленной соляной кислоты в 140 мл дистиллированной воды. Травят до появления блеска, промывают в воде и сушат.

Считают, что размеры заготовки могут иметь любую форму, однако лучше конструировать отверстие неправильной формы площадью не более 25 мм², перегородки каркаса должны быть одинаковой толщины.

Эмаль накладывают вручную с помощью металлического шпателябидрашпица методом стекания капли, излишняя вода удаляется с помощью тампона из хлопчатобумажной ткани. Затем предмет фиксируют на подставке из нихрома или нержавеющей стали и ставят в муфель. Первичный обжиг производят при температуре 640 – 680 °C, при этом эмаль должна прочно соединиться с перегородкой. Затем эмаль накладывают ещё раз, следя за тем, чтобы отверстия были затянуты полностью, и она была наложена вровень с перегородкой. Второй обжиг выполняют при температуре 700 – 740 °C, после чего эмаль должна быть гладкой, ровной и блестящей.

Сплошные эмали. В эту группу входят эмали сходные по технологии получения, но различные по качеству. Такая эмаль должна полностью покрывать металлическую основу, имеющую конструктивное назначение. При этом для основы используют чёрные и цветные металлы, за исключением благородных, так как металл закрывается эмалью полностью и декоративного значения не имеет. Исключение составляют ювелирные предметы с прозрачной эмалью по золоту и серебру.

Гладкие эмали. Эти эмали наносят на металлические изделия исключительно для предохранения от коррозии. Применяют в

машиностроении, приборостроении, в посудном производстве, для изготовления различной аппаратуры.

Расписные и живописные эмали. Эти эмали представляют собой миниатюрную живопись эмалевыми красками на металлической основе (по фарфору используются те же краски).

Вначале подготавливается основа, на которой будет выполнена роспись. Из тонкого медного листа изготавливают предмет, который обезжиривают и травят, затем его поверхность покрывают тонким слоем эмали, которая должна служить фоном. Обычно для фона выбирают светлые тона — белый, голубой. Эмаль наносят мокрым способом, просушивают и обжигают. Эту операцию проводят два или три раза пока поверхность не становится очень гладкой. Обратную сторону предмета покрывают контрэмалью, чтобы поверхность не коробилась. Затем изделие передают живописцу, который переводит рисунок и приступает к росписи. Обычно, размеры миниатюры небольшие, а краски меняют после обжига свой цвет, что требует высокого мастерства. Для удобства в мастерских имеются палитры, с обожжёнными красками, поэтому цвет подбирают с их помощью, нанося и обжигая тугоплавкие эмали, а затем и легкоплавкие.

Эмали с накладками из металла. В качестве накладок используются проволока, зернь, вырезки из листа. Этот тип эмали известен с XVI в. Наиболее известными эмалями этого вида были предметы из Великого Устюга – подносы, ларцы, коробочки, табакерки и т.п.

В соответствии с технологией из тонкого листового металла, чаще всего из меди и реже из серебра, вначале изготавливалось изделие. Затем предмет полностью покрывался глухой эмалью белого, синего, голубого, зелёного или жёлтого цветов. Изредка предмет покрывался двухцветной эмалью в отсутствии перегородок.

Процесс наложения эмали производился несколько раз до получения ровной и гладкой поверхности. Затем из тонкой серебряной или медной фольги с помощью стальных матриц штамповался рельефный узор и вырезался по контуру. Этот рельеф накладывался на эмаль изделия, которое затем нагревалось до её расплавления, и прочно вплавлялось в него. В отдельных случаях всё изделие окончательно покрывалось прозрачной эмалью и обжигалось, так что рельеф оказывался под эмалью.

Предприятие *«Русские самоцветы»* производит такие изделия из золота 583-й пробы, серебра 875-й пробы и томпака Л-90. Металл для изделия толщиной 0.18-0.20 мм отжигается в муфеле при температуре 300-400 °C в течении 2-3 мин, отбеливается в концентрированной соляной кислоте и промывается проточной водой. После этого он крацуется капроновыми щётками с 3-5 %-ным раствором углекислого калия (*поташа*), промывается и сущится.

Вырубленные детали изделия обезжириваются в 5-10 %-ном растворе едкого натра, промываются горячей и холодной водой и

просушиваются. Готовый предмет покрывается несколькими слоями эмали из расчёта, чтобы его толщина была в три раза больше, чем толщина вплавляемой накладки, а её площадь составляла пятую часть всей поверхности эмали. Затем чистую и ровную поверхность эмали протирают дистиллированной водой и вытирают насухо. Поверхность смазывают клеем БФ-6, разведенным этиловым спиртом в отношении 1 : 3, и на него приклеивают накладку. Изделие перед вплавлением укладывают горизонтально на подставку и переносят в муфель. Продолжительность обжига составляет 6 – 10 мин. при температуре 680 – 720 °C, при этом показатели могут изменяться в зависимости от типа эмали и площади прокладки.

Полученное изделие охлаждается на воздухе, отбеливается в концентрированной соляной кислоте, промывается и сушится. В качестве накладок используется серебряная проволока и зернь, а кроме того зернь сплавленная из тугоплавкой эмали.

Просвечивающаяся (рельефная эмаль). Эта эмаль была известна в Италии в XIV в. Техника её состоит в том, что невысокий металлический рельеф полностью покрывается прозрачной эмалью. В результате рельеф, состоящий из разновысоких частей, просвечивается по-разному, создавая необычный световой эффект, при этом эмаль как бы увеличивает глубину рельефа. Рельеф под эмаль выполняют также гравировкой или штамповкой.

Примеры обработки художественных и ювелирных изделий



Складное кресло с «протравленным» узором. 1743 г. Сталь: полировка, воронение, наводка латунью, серебрение







Шкатулка. Конец XVIII в. Сталь, золочёная бронза. Полировка, огранка, насечка золотом и серебром. Общий вид и деталь.

Охотничье двуствольное курковое ружьё.
Мастер Н.Гольтяков.
70 — 80-е годы XIX в. Резьба по дереву:
интересная кузнечная робота, тонкая
гравировка оброн, наводка золотом.
Тульский музей оружия. Россия

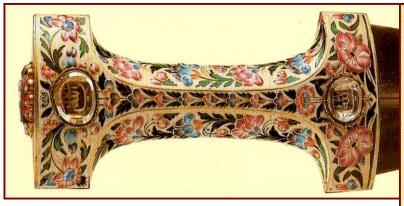






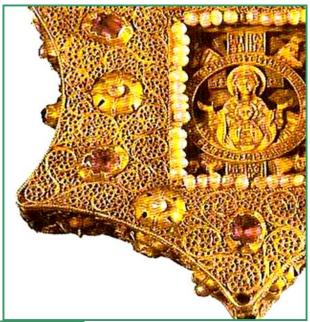
Тазик цинковый.

Высота 6 см, диаметр 27,8 см. На крае и внутри на дне инкрустированный золотом растительный орнамент со вставками из рубинов и бирюзы. На стенках с внутренней стороны укреплены восемь золотых ажурных медальонов с бирюзой в центре, между медальонами розетки с рубинами. Фон в медальонах и картушах обработан пуансоном



Кинжал. Мастер Таки. Длина в ножнах 43 см. Клинок булатный. Рукоять сделана из золота, покрытого живописной эмалью в лёгком рельефе — растительный орнамент на белом фоне. На лицевой стороне два крупных алмаза с вырезанными на них надписями — «О, Аллах». Всего на кинжале 29 алмазов, 50 рубинов, 5 изумрудов, 1 горный хрусталь. Иран, середина XVIII в.







Панагия. XVI век Россия. Серебро, аметисты, гранаты, жемчуг, кость, резьба по кости, чеканка, скань. Лицевая сторона большой в форме шестиконечной звезды панагии выложена узорами из амисканых завитков, на которых закреплены, чередуясь через одну, чеканные розетки с жемчужинами и аметисты в гладких кастах

Тарелка филигранная на кольцеобразном основании. XVIII век Россия. Неизвестный мастер. Диаметр 21,6 см.





Потир. 1708 г. Москва. Мастер Тимо-фей Ильин. Серебро, чеканка, просечная че-канка, живописная эмаль, литьё, гравировка, золочение. Высота 30 см, диаметр 13,5 см.

Чаша потира и основание – в ажурной чеканной сорочке. На чаше четыре эмалевых дробницы, на литом стояне выгравированы фигуры апостолов, на основании шесть композиций на темы «Страстей» и надпись: «1708 приложил сие сосуды серебряные во град Шую в соборную церковь пресвятые Богородицы Юрьева Архангельского Польского монастыря архимандрит Кириак чтобы бы сего собору священник Киприан по обещанию своему и весу в тех сосудах пять фунтов 47 золотников».



Р.Алиханов. Чаши «Кубачинская свадьба».



Г.Б.Магомедов. Кувшин. Дагестан.

ГЛАВА 5

БЫСТРОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ

Rapid prototyping — наиболее популярный термин, обозначающий аддитивный, т.е. посредством «добавления» (additive) материала, способ получения изделия, в противоположность «удалению» (subtractive) материала при обычных технологиях (фрезерование и т. д.). В разделе описана сущность технологии быстрого прототипирования, виды прототипирования на RP-машинах. Особенности применения 3D-сканирование и литья в силиконовые формы.

5.1. Быстрое прототипирование

Сущность технологии быстрого прототипирования — это послойный синтез или послойное "выращивание" модели или готового изделия непосредственно по электронным данным — компьютерной САD-модели (рис. 5.1) без использования технологической оснастки (рис. 5.2).

Преимущества: скорость, точность, снижение затрат научнона конструкторские исследовательские И работы. RP-технология особенно привлекательна изготовления лля опытных, единичных, эксклюзивных и уникальных образцов, поскольку не требует специальной оснастки, минимизирует Широко ручной труд. используется машиностроении, В электронной И электротехнической промышленностях, полиграфии, медицине, ювелирном производстве, архитектурном моделировании и т.д.

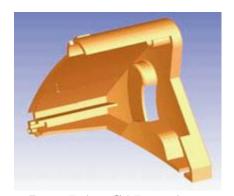


Рис. 5.1 – САД модель



Рис. 5.2 – Функциональная модель

Для решения различных задач прототипирования используются специальные прототипирующие машины.

5.2 Все виды прототипирования на RP-машинах

5.2.1. Стереолитография (SLA- Stereo Lithography Apparatus)

Технология подразумевает использование в качестве модельного материала специального фотополимера — светочувствительной смолы. Основой в данном процессе является ультрафиолетовый лазер, который последовательно переводит поперечные сечения модели на поверхность емкости со светочувствительной смолой. Жидкий пластик затвердевает только в том месте, где прошел лазерный луч. Затем новый жидкий слой наносится на затвердевший, и новый контур намечается лазером. Процесс повторяется до завершения построения модели.





Puc. 5.3 — SLA машина Viper Pro (3D Systems).

Стереолитография наиболее распространенная RP-технология. Она охватывает практически все отрасли производства от медицины до тяжелого машиностроения. SLA-технология позволяет быстро и точно построить модели практически любых размеров. изделий Качество поверхностей зависит от шага Современные построения. машины обеспечивают шаг построения 0,1...0,025 MM (puc. 5.3).

Лучший результат SLA-технология дает при изготовлении мастер-моделей с последующим изготовлением силиконовых форм и литья в них полимерных смол, а также ювелирных мастер-моделей (рис. 5.4).

Стереолитография также получила широкое распространение для изготовления литых деталей в машиностроении. Так

называемая технология *«Quick Cast»* позволяет получать модели с сотовой внутренней структурой. В этом случае масса модели будет значительно меньше, чем при монолитном исполнении, поэтому при выжигании образуется меньше золы, форма получается чище, а отливка качественнее.

Ведущей фирмой-производителем SLA-машин является компания 3D Systems (*США*).



Рис. 5.4 – Мастер-модели

5.2.2 Селективное лазерное спекание (SLS - Selective Laser Sintering)

При использовании этого процесса модели создаются из порошковых материалов за счет эффекта спекания при помощи энергии лазерного луча (рис. 5.5). В данном случае, в отличие от SLA-процесса, лазерный луч является не источником света, а источником тепла. Попадая на тонкий слой порошка, лазерный луч спекает его частицы и формирует твердую массу, в соответствие с геометрией детали. В качестве материалов используются полиамид, полистирол, песок и порошки некоторых металлов.





Puc.~5.5-SLS-машина $Sinterstation @ HiQ^{TM}$ фирмы 3D Systems

Существенным преимуществом SLS-процесса является отсутствие так называемых поддержек при построении модели. В процессах SLA и МЈМ при построении нависающих элементов детали используются специальные поддержки, предохраняющие свежепостроенные тонкие слои модели от обрушения.

В SLS-процессе в таких поддержках нет необходимости, поскольку построение ведется в однородной массе. После построения модель извлекается из массива порошка и очищается. Модели из полистирола предназначены для получения отливок методом «выжигаемых моделей».

Наиболее распространенным модельным материалом является порошковый полиамид. Этот материал применяется для создания макетов, масштабных копий, функциональных моделей, т. е. моделей способных выполнить свою функцию, как деталь машины или устройства (*puc.* 5.6). Например, детали облицовки салона автомобиля или декоративные элементы.



Puc. 5.6 – Модели

В некоторых случаях полиамид пригоден для исследовательских работ по определению конфигурации ненагруженной детали, например, впускного трубопровода автомобильного двигателя. Этот материал также удобен для изготовления моделей с целью проверки собираемости сложного узла или для проведения безмоторных испытаний. Например, модели детали самолета или головки цилиндров ДВС, изготовленные из полиамида, могут быть использованы при проведении газодинамических исследований методами продувки.

Ведущими фирмами-производителями SLS-машин являются компании 3D Systems (*США*) и EOS GmbH (*Германия*).

5.2.3 MJM – Multi Jet Modelling.

В этом процессе построение модели осуществляется путем нанесения расплавленного материала с помощью многоструйных головок (по типу струйных принтеров). Модельный материал — литейный воск. Применяется для непосредственного выращивания восковой модели и дальнейшего получения металлической отливки методом литья в оболочковые или гипсокерамические формы (рис. 5.7).

Обеспечивает возможность быстрого получения отливок из металлов и сплавов без изготовления литейной оснастки (*puc. 5.8, 5.9*).





Puc. 5.7 – **MJM** машина



Рис. 5.8 – САД модель



Рис. 5.9 – Восковая модель

5.2.4 FDM - Fused Deposition Modeling

Построение модели осуществляется посредством послойного нанесения нитевидного полимера. Технология FDM применяется в 3D-принтерах фирмы Stratasys США ($puc.\ 5.10,\ 5.11$). Наиболее популярной является RP-машина офисного типа Dimension ($puc.\ 5.12$). Основные характеристики машины приведены в табл. 5.1.



Puc. 5.10 - RP-машина фирмы Stratasys FDM TITAN



Puc. 5.11 - RP-машина фирмы Stratasys FDM MAXГМ





Puc. 5.12 – RP-машина Dimension

Таблица 5.1 – Основные характеристики RP-машины Dimension

| Параметр | Значение |
|-----------------------------|-------------------------|
| Размеры зоны построения, мм | $203\times203\times305$ |
| Толщина слоя построения, мм | 0,25-0,33 |
| Модельный материал | ABS-нить |
| Габаритные размеры, мм | 686 × 914 × 1041 |
| Вес, кг | 136 |

В линейке продукции фирмы Stratasys также имеются машины с большими размерами зоны построения, с расширенной номенклатурой модельных материалов. По точности и шероховатости моделей эти машины уступают грандам RP-технологий, таким как 3D Systems, однако, значительное число дизайнерских, конструкторских, технологических и других задач может быть успешно решено с помощью более доступной и дешевой FDM-технологии (*табл. 5.2*).

Таблица 5.2 – Основные характеристики моделей FDM

| Модель | Размеры зоны построения, мм |
|-----------------------------|-----------------------------|
| FDM Vantage TM i | $355 \times 254 \times 254$ |
| FDM Vantage TM S | $355 \times 254 \times 254$ |
| FDM Vantage™ SE | $406 \times 355 \times 406$ |
| FDM Titan TM | $406 \times 355 \times 406$ |
| FDM Maxum TM | 600 × 500 × 600 |

5.2.5 *MIT* (*ZCorp*)

ZCorp. — компания Z Corporation (США), производитель 3D-принтеров. Принцип действия машин ZCorp. — послойное «склеивание» частиц порошкообразных материалов с помощью связующего состава, подаваемого через струйную головку (puc. 5.13).



Puc. 5.13 – Машина Z310

Эта технология разработана в Массачусетском университете и иногда называется *«МІТ»* — Massachusetts Institute of Technology. *«Фишкой»* машин ZCorp является возможность цветной *«печати»*.

Такие цветные модели нужны не только для дизайнерских целей. Они активно используются также в работах, связанных с конечно-элементными расчетами (рис. 5.14). Принтер работает с различными модельными материалами. Это и специальные композиты на основе гипса, целлюлозы, и резиноподобный материал, и специальный

гипсо-керамический порошок для изготовления литейных форм и стержней для цветного литья. Загрузка материала и обслуживание принтеров достаточно просты. Наиболее востребованным, кроме концептуального моделирования является литейное направление — т.е. быстрое получение металлического прототипа по выращенным литейным формам (рис. 5.15). Основные характеристики машин приведены в табл. 5.3.

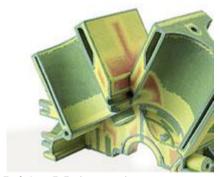


Рис. 5.14 — Модель блока цилиндров, "распечатанная" в процессе расчета на прочность методом конечных элементов



Puc. 5.15 – Модели от Zcorp

Таблица 5.3 – Основные характеристики RP-машин ZCorp.

| Наименование | ZPrinter 310 | Spectrum Z510 | Z810 |
|------------------------|--------------|---------------|-------------|
| характеристики | Plus | 1 | |
| RP-машин | | | |
| Размеры зоны | 203×254×203 | 254×356×203 | 500×600×400 |
| построения, мм | | | |
| Толщина слоя | 0,089-0,203 | 0,089-0,203 | |
| построения, мм | | | |
| Габаритные размеры, мм | 740×860×1090 | 1070×790×1270 | 241×114×193 |
| Вес, кг | 115 | 204 | 565 |

5.3 3D-сканирование

Лазерный сканер идеальное решение или исключительный помощник в решении самых сложных задач. В тех необходимо случаях, когда создать «компьютерный» образ изделия, выполненного руками человека или когда нужно восстановить деталь, на которую утеряна техническая документация, или когда нужно сделать масштабную копию имеющегося изделия и многих других (puc. 5.16).

Процесс сканирования завершается «облака точек», получением затем преобразуется в различные форматы stl В зависимости (iges, ∂p .) поставленной По задачи. полученным CAD-данным методами быстрого прототипирования быть тэжом изготовлена копия изделия.

Лазерный сканер – чрезвычайно удобный и точный контрольно-измерительный прибор (*puc.* 5.17). С его помощью могут быть быстро проведены измерения деталей сложной





Рис. 5.16 - Сканирование детали лазерным сканером на «руке» FARO (точность 0,03мм)

конфигурации, произведено сопоставление реального объекта с исходными САD-данными и оценена точность его изготовления.





Рис. 5.17 - Лазерный сканер для высокоточного сканирования (точность 0,001-0,003 мм)

5.4 Литье в силиконовые формы

В тех случаях, когда стоит задача тиражирования детали (*малая серия*), широко используется метод получения *«восковок»* с помощью силиконовых форм. Этот метод также предполагает *«участие»* стереолитографии или послойного синтеза в любом другом виде.

Суть данного метода состоит в том, что стереолитографическая модель используется в качестве мастер-модели для изготовления литейной оснастки — формы из силикона, с помощью которой в дальнейшем изготавливаются *«восковки»* или пластмассовые прототипы.

Мастер-модель – копию детали, заливают жидким силиконом. Смесь из жидких компонентов приготавливают непосредственно перед получением формы в специальном смесителе и затем подают в опоку обычно прямоугольной формы, в которой находится мастер-модель.

После полимеризации силикона форму разнимают, извлекают мастер-модель и полученную форму используют для тиражирования «восковок» или для получения отливок пластиковых прототипов из специальных двухкомпонентных смол.

В камере, где находится опока, создается вакуум, что обеспечивает удаление пузырьков воздуха из смеси. С помощью специальных технологических приемов при заливке силикона формируется разъем формы. Затем форма полимеризуется, извлекается из вакуумной камеры и после очистки готова к применению. Стойкость форм зависит от сложности модели, но в среднем составляет 30 – 50, иногда до 100 циклов заливки.

Такая технология используется для изготовления небольших серий пластмассовых изделий, а также восковых моделей для литья по выплавляемым моделям (рис. 5.18).



Рис. 5.18 – Технологическая схема получения «восковок» с помощью силиконовых форм.

5.5 Примеры литья разных видов

Литье в земляные и песчаные формы показано на рис. 5.19, точное литье по выжигаемым полистирольным моделям — на рис. 5.20, точное литье по выплавляемым восковым моделям — на рис. 5.21, 5.22. На рис. 5.23 показаны примеры художественного и ювелирного литья по выплавляемым и выжигаемым моделям.









Рис. 5.19 – Литье в земляные и песчаные формы



Рис. 5.20 – Точное литье по выжигаемым полистирольным моделям



Puc. 5.21 — Точное литье по выплавляемым восковым моделям





Рис. 5.22 – Точное литье по выплавляемым восковым моделям







Puc. 5.23 – Художественное и ювелирное литье по выплавляемым и выжигаемым моделям

5.6 Производственное оборудование

5.6.1 *Станки ARIX*

В линейке продукции станки с различной зоной обработки для решения самого широкого спектра производственных задач (puc.~5.24), наиболее востребованы модели ARIX V 450, ARIX V 800, ARIX V 1000.

Все станки, кроме модели V250, могут быть оборудованы 4-ой и 5-ой осью, как опции. Позволяют работать со всеми модельными материалами, графитом, цветными металлами и сталями с твердостью до HRC 60. В комплект поставки входит необходимое программное обеспечение.

Станки ARIX отличают высокое качество и умеренные цены.



Рис. 5.24 – Общий вид станков типа обрабатывающий центр тайваньской компании ARIX

5.6.2 Оборудование для вакуумного литья МСР-НЕК

MCP-HEK – мировой лидер по производству высокотехнологичного оборудования для вакуумного литья цветных металлов и пластмасс в силиконовые формы (*puc.* 5.25, 5.26, 5.27).

Вакуумирование опоки при формовке гипсокерамической смесью, а также при заливке металла существенно повышает качество отливки, заполняемость тонкостенных фрагментов, снижает риск улучшает образования рыхлот и газовых пор. Литейные машины фирмы МСР-НЕК надежность, стабильность работе, отличает высокая В обслуживания и оперативная техническая поддержка. Прекрасный выбор производству опытных оснащения участков по изделий использованием технологий быстрого прототипирования.



Рис. 5.25 - Литейная вакуумная машина MPA1000 с объемом тигля 10 л.



Рис. 5.26 — Оборудование для получения силиконовых форм и литья вакуумного воска и пластмасс





Рис. 5.27 – Образцы художественного и ювелирного литья

5.6.3 Прототипирующее оборудование фирмы NextFactory NextFactory — фирма-производитель прототипирующих SLA-машин офисного класса.

С 3D-принтерами их объединяет принцип привода лазерной головки – перемещение по осям X-Y, как у печатающей головки принтера, а также размеры, цена и назначение, как офисной прототипирующей машины. В этих машинах используется твердотельный лазер.

Оптимальный вариант для потребителей, которым регулярно требуются модели средних размеров в относительно небольших объемах (*puc.* 5.28).

Качество моделей обычное (*достаточно высокое*) для стереолитографических машин. Машины Digitalwax 010 и 020 является ювелирной модификацией (*puc. 5.29*).

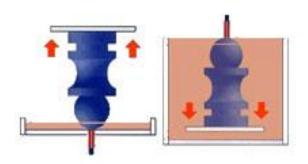


Рис. 5.28 — Модель выращивается «вверх ногами», в отличие от классических машин 3D Systems, поэтому ванна с жидким фотополимером занимает небольшой объем и сама машина выглядит компактно



Puc. 5.29 – RP-машина Digitalwax 020 фирмы NextFactory

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Бодашков Н.М. Каслинское художественное (чугунное) литье. Литейное пр-во, 1954, №8, с.8-11.
- 2. Бройде Д. Руководство по гипсовой формовке художественной скульптуры. М., 1949.
- 3. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела. Пер. с нем. Кузнецова. - Л.: Машиностроение, 1973.
- 4. Бочаров Г.Н. Художественный металл Древней Руси. Отв. ред. М.В.Седова. М.: Изд-во «Наука», 1984.
- 5. Бройде Д. Руководство по гипсовой формовке художественной скульптуры. Л. М.: «Искусство», 1937.
- 6. Богданович Л.В, Бурьян В.А., Раутман Ф.И. Художественное конструирование в машиностроении. Изд-е 2-е, перераб. и доп. Изд-во «Техника», Киев. 1976.
- 7. Благородные металлы: Справочник (Под ред. чл-корр. АН СССР Савицкого Е.М.): Металлургия, 1984.
- 8. Беккерт М. Мир металла. Пер. с нем. М.Я.Аркина. / под ред. В.Г.Лютцау. М.: Мир, 1980.
- 9. Бочаров Г.Н. Художественный металл Древней Руси. М.: Изд–во «Наука», 1984.
- 10. Беспалый Л.И. Ювелирные изделия. М.: Госторгиздат, 1950.
- 11. Бабурина Н.М. Скульптура малых форм. Советский художник. М., 1982.
- 12. Венецкий С.И. В мире металлов. «Калейдоскоп». М.: Метал-лургия, 1982.
- 13. Венецкий С.И. Рассказы о металлах. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1985

- 14. Всемирная история: У истоков цивилизации. Бронзовый век./ А.Н.Бадак, И.Е.Войнич, Н.М.Волчёк и др. Мн.: Харвест, М.: АСТ, 1999.
- 15. Всемирная история: Век железа. Древнейшие цивилизации Востока. Мн.: Харвест, М.: АСТ, 2000.
- 16. Гореликов Н.С. Каслинское художественное литьё. Русский художественный металл. М.:, 1958.
- 17. Гришин Ю. С. Древняя добыча меди и олова. Издательство «Наука». Москва. 1980 г.
- 18. Декоративная скульптура садов и парков Ленинграда и при-городов 17 19-х веков. 1981.
- 19. Зотов Б.Н. Художественное литьё. 4-изд. М.: Машиностроение, 1988.
- 20. Зотов Б.Н. Формовка художественного литья. Машгиз, 1947.
- 21. Зотов Б.Н. Художественное литьё. 4-изд. М.: Машиностроение, 1988.
- 22. Золото мира. Вед. ред. Е.Ананьева, отв. ред. А.Журавлёв. М.: Аванта, 2003.
- 23. Искусство Древнего мира. Энциклопедия. М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2001.
- 24. Ковалёва Л.А, Крайнов С.И, Куманин В.И. Материалы ювелирной техники. Москва, 2000 г.
- 25. Ле Корбюзье. Модулор. М., 1975.
- 26. Лямин И.В. Художественная обработка металлов. М.: «Машиностроение», 1988.
- 27. Марченков В.И. Ювелирное дело. М.: Высшая школа, 1975.
- 28. Мастеров В.А., Саксонов Ю.В. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе. Справочник. М.: «Металлургия», 1979.
- 29. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Серебро. М.: Металлургия, 1979.
- 30. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Золото. М.: Металлургия, 1979.
- 31. Марченков В.И. Ювелирное дело. Практическое пособие. 3-е изд. перераб. и доп. М.; Высш. шк., 1992 г.
- 32. Мельник А.А. Основные закономерности построения скуль-птурного рельефа. М.: Высшая школа., 1985.
- 33. Одноралов Н.В. Декоративная отделка скульптур и художе-ственных изделий из металла. М.: Искусство, 1954.
- 34. Одноралов Н. Способы подготовки металлов перед гальванопокрытиями. М., 1946.

- 35. Одноралов Н. Гальванотехника в декоративном искусстве. Государственное издательство «Искусство». Москва. 1952 г.
- 36. Одноралов Н.В. Скульптура и скульптурные материалы. М.: Советский художник, 1965.
- 37. Одноралов Н.В. Скульптура и скульптурные материалы. Издание второе, дополненное. М.: «Изобразительное искусство», 1982.
- 38. Основы художественного конструирования. Моделирование материалов и биоформ. И.Т. Волкотруб. Киев: Вища школа. 1982.
- 39. Петриченко А.М. Книга о литье. Киев: Техника, 1978.
- 40. Померанцева Н.А. Эстетические основы искусства Древнего Египта. М., 1985.
- 41. Разина Т.М. Русская эмаль и скань. М.: Гостместпромиздат, 1961.
- 42. Селиванкин С.А. Производство ювелирных изделий. М.: Госторгиздат, 1951.
- 43. Селиванкин С.А., Власов И.И. и др. Технология ювелирного производства. Л.: Машиностроение, 1978.
- 44. Сучков Д.И. Медь и её сплавы. М.: Металлургия, 1967.
- 45. Стахов А.П. Коды золотой пропорции. М.:, 1984.
- 46. Скиндер В.А. Бронза, её природа и история (выплавки и литья) с древнейших времён. СПб., 1908. 101 с.
- 47. Тищенко Н.П. Об истоках пропорций в архитектуре. // Строительство и архитектура (Киев). 1979. №8.
- 48. Урвачёв В.П., Кочетков В.В., Горина Н.Б. Ювелирное и художественное литьё по выплавляемым моделям сплавов меди. Челябинское отделение, 1991.
- 49. Флёров А.В. Материаловедение и технология художественной обработки металлов. М.: «Высшая школа», 1981.
- 50. Флёров А.В. Художественная обработка металлов. (Практи-ческие работы в учебных мастерских). Учебник для ВУЗов. М.: «Высшая школа», 1976.
- 51. Хохлова Е.Н. Художественные изделия из металла. М., 1959.
- 52. Шишковский И.В. Лазерный синтез функциональных мезоструктур и объемных изделий. М.: Физматлит, 2009. 424с.

СОДЕРЖАНИЕ

| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
|---|-----------|
| ГЛАВА 1 | |
| ИСКУСТВО ЛИТЬЯ | 5 |
| 1. 1. Материальное и духовное проявление культуры. | |
| Основные формы | 7 |
| 1. 2. Искусство. Стили в искусстве | 10 |
| 1. 3. Этапы познания в развитии искусства | 16 |
| 1.4. Зарождение канонов и применение «золотого сечения» | 43 |
| ГЛАВА 2 | |
| ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ДЛЯ | |
| ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ | 53 |
| 2.1. Золото и сплавы на его основе | 53 |
| 2.1. Золото и сплавы на его основе | 67 |
| 2.3. Платина | 74 |
| 2.4. Палладий | 75 |
| 2.5. Алюминий и сплавы на его основе | 76 |
| 2.6. Магний | 78 |
| 2.7. Никель и сплавы на его основе | 79 |
| 2.8. Цинк и его сплавы | 81 |
| 2.9. Свинец | 83 |
| 2.10. Олово | 86 |
| 2.11. Медь | 88 |

| 2.12. История применения латуней и их общая | |
|---|-----|
| характеристика | 91 |
| 2.13. История возникновения бронзы, её составы и | |
| свойства | 94 |
| 2.14. Железо и железо-углеродистые сплавы | 101 |
| ГЛАВА 3 | |
| ОСНОВЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ | |
| ХУДОЖЕСТВЕННОГО ЛИТЬЯ | 111 |
| 3.1. Материалы для формовки художественного литья | 111 |
| 3.1.1. Гипс | 111 |
| 3.1.2. Известь | 121 |
| 3.1.3. Цемент | 121 |
| 3.1.4. Клеевая масса | 122 |
| 3.2. Инструменты и приспособления, используемые при | |
| формовке художественного литья | 123 |
| 3.2.1. Инструмент литейный формовочный | |
| отделочный | 123 |
| 3.2.2. Каркасы для скульптурных работ | 126 |
| 3.3. Технологический процесс ручной формовки | 127 |
| 3.4. Черновая формовка или формовка «в расколотку» | |
| художественных произведений | 132 |
| 3.4.1. Особенности формовки глиняных оригиналов | 132 |
| 3.4.2. Формовка рельефа | 133 |
| 3.4.3. Формовка скульптуры округлой формы | 134 |
| 3.4.4. Формовка сложной скульптуры с отъёмными | |
| частями | 141 |
| 3.15 Danmaera biocma | 142 |

| 3.4.6. Формовка фигуры человека | 144 |
|---|-----|
| 3.4.7. Черновая формовка моделей больших размеров | 145 |
| 3.4.8. Особенности формовки статуэток животных | 152 |
| 3.5. Кусковой способ формовки художественных | |
| произведений | 153 |
| 3.5.1. Кусковая формовка бюста | 156 |
| 3.5.2. Формовка фигуры человека | 158 |
| 3.5.3. Формовка рельефов и горельефов | 158 |
| 3.5.4. Гипсовая форма из двух раковин | 160 |
| 3.5.5. Форма с боковыми кусками | 161 |
| 3.6. Клеевые формы | 162 |
| 3.6.1. Особенности формовки моделей из воска и | |
| пластилина | 162 |
| 3.6.2. Подготовка моделей к гипсовой и клеевой | |
| формовке | 163 |
| 3.6.3. Клеевая формовка рельефа | 163 |
| 3.6.4. Изготовление клеевой формы горельефа | 166 |
| ГЛАВА 4 | |
| СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ОТЛИВОК, | |
| НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ И РЕСТАВРАЦИЯ | 167 |
| 4.1. Художественная ковка | 167 |
| 4.2. Дифовка (выколотка) | 178 |
| 4.3. Чеканка | 181 |
| 4.4. Басма | 190 |
| 4.5. Металлопластика | 191 |
| 4.6. Гравирование | 192 |
| 4.7. Чернь | 198 |
| | |

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ И ЮВЕЛИРНОЕ ЛИТЬЕ

| 4.8. Насечка (тауширование) | 201 |
|--|-----|
| 4.9. Филигрань (скань) | 204 |
| 4.10. Эмалирование (финифть) | 210 |
| ГЛАВА 5 | |
| БЫСТРОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ | 224 |
| 5.1. Быстрое прототипирование | 224 |
| 5.2 Все виды прототипирования на RP-машинах | 225 |
| 5.2.1. Стереолитография (SLA- Stereo Lithography | |
| Apparatus) | 225 |
| 5.2.2 Селективное лазерное спекание (SLS - Selective | |
| Laser Sintering) | 226 |
| 5.2.3 MJM – Multi Jet Modelling | 227 |
| 5.2.4 FDM - Fused Deposition Modeling | 228 |
| 5.2.5 MIT (ZCorp) | 229 |
| 5.3 3D-сканирование | 231 |
| 5.4 Литье в силиконовые формы | 232 |
| 5.5 Примеры литья разных видов | 233 |
| 5.6 Производственное оборудование | 234 |
| 5.6.1 Станки ARIX | 234 |
| 5.6.2 Оборудование для вакуумного литья МСР-НЕК | 235 |
| 5.6.3 Прототипирующее оборудование фирмы | |
| NextFactory | 236 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 238 |