



Оглавление

Глава 8. БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ ЗАМЕНТЕЛИ2

8.1 Благородные металлы.....	2
8.2 Истории изготовления ювелирных изделий	13
8.3 Имитаторы и заменители благородных металлов.....	16
для ювелирных изделий	16

Раздел II. ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ27

Глава 9. ЗАРОЖДЕНИЕ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....27

9.1. Гипотезы возникновения и древние технологии литейного производства	27
9.2. Древнерусская технология литья мелких медных изделий.....	33

Глава 10. ЛИТЬЕ ДРЕВНИХ СТАТУЙ40

10.1. Древние технологии литья скульптур	40
10.2. Ранняя технология отливки конных статуй	44
10.3. Технология изготовления цельнолитых статуй.....	50
10.4. Кусковая формовка с глиняной рубашкой	61



ГЛАВА 8. БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ ЗАМЕНТЕЛИ

8.1 Благородные металлы

Основными признаками благородных металлов являются их высокая коррозионная стойкость в обычных и агрессивных средах, высокая пластичность и электропроводность, прекрасные эстетические свойства.

К благородным металлам относятся золото (Au), серебро (Ag), платина (Pt) и металлы платиновой группы: палладий (Pd), осмий (Os), родий (Rh), рутений (Ru) и иридий (Ir).

Для обозначения марок благородных металлов приняты следующие буквенные обозначения: Зл – золото, Ср – серебро, Пл – платина, Рд – родий, И – иридий, Пд – палладий, М – медь, Н – никель, Ц – цинк, Кд – кадмий, Ост. – остальное.

Наименование марок благородных сплавов состоит из букв, обозначающих компоненты сплава, и следующих за ним цифр. Цифры, стоящие после буквы, указывают номинальное содержание компонента сплава в тысячных долях (пробах), если компонент – благородный металл, и в процентах, если компонент – неблагородный металл. Например: ЗлСрНЦМ 585-80-8,2-2,5 означает, что это золотой сплав 585 пробы содержит 58,5-59,0% Au; 7, 5-8,0%Ag; 7,7-8,7%Ni; 2,2-2,8Zn; ост.- Cu (последний компонент не регламентируется).

Проба – минимальное содержание определенного благородного металла, измеренное в долях на тысячу единиц массы сплава [36].

В Российской Федерации для ювелирных и других бытовых изделий из драгоценных металлов установлены следующие пробы:

Платиновая	950 (девятьсот пятидесятая)
Платиновая	900 (девятисотая)
Платиновая	850 (восемьсот пятидесятая)
Золотая	999 (девятьсот девяносто девятая)
Золотая	958 (девятьсот пятьдесят восьмая)
Золотая	750 (семьсот пятидесятая)
Золотая	585 (пятьсот восемьдесят пятая)
Золотая	500 (пятисотая)
Золотая	375 (триста семьдесят пятая)
Серебряная	999 (девятьсот девяносто девятая)
Серебряная	960 (девятьсот шестидесятая)



История художественного металла

Серебряная	925 (девятьсот двадцать пятая)
Серебряная	875 (восемьсот семьдесят пятая)
Серебряная	830 (восемьсот тридцатая)
Серебряная	800 (восемисотая)
Палладиевая	850 (восемьсот пятидесятая)
Палладиевая	500 (пятисотая)

Допускается изготовление изделий из золота 583-й пробы по заказам граждан из принадлежащих им ювелирных и других бытовых изделий из золота этой пробы.

8.1.1 Золото

Золото встречается в природе почти исключительно в самородном состоянии, главным образом в виде мелких зерен, вкрапленных в кварц или содержащихся в кварцевом песке, рис.111.



Рис.111. Самородки золота

Крупнейшими самородками, найденными в Австралии в 1869 и в 1872 гг. были «желанный незнакомец» массой 71кг и «Плита Холтермана» массой 285кг (из них на долю золота приходилось 100 кг). В России на реке Миасс в 1642г. был найден самородок массой 36кг. В небольших количествах золото встречается в сульфидных рудах железа, меди, свинца.

Золото – ярко-желтый, красивый, тяжелый металл с плотностью $19,32 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и температурой плавления 1063°C . Механические свойства золота: $\sigma_{\text{в}}=120 \text{ МПа}$ и $\delta=50\%$. Золото очень ковкий и пластичный металл: путем прокатки из него можно получить листочки толщиной $0,0001 \text{ мм}$, а из 1г протянуть проволоку длиной $3,5\text{км}$. Из-за мягкости золото в чистом виде применяется редко и находится в сплавах с серебром или медью.



История художественного металла

В качестве компонентов золотых сплавов могут использоваться как благородные металлы (серебро, платина, палладий), так и неблагородные: медь, цинк, никель, кадмий и др.

В химическом отношении золото – малоактивный металл. На воздухе оно не изменяется даже при сильном нагревании. Кислоты в отдельности не действуют на золото, но в смеси соляной и азотной кислоты (в царской водке оно) легко растворяется. Кроме царской водки золото хорошо растворяется в хлорной воде, а также в аэрируемых (продуваемых) растворах цианидов щелочных металлов. Ртуть, как отмечалось выше, образует с золотом амальгаму, которая при содержании более 15% Au становится твердой.

Рекомендации по применению золотых сплавов. Сплавы марок 375-й пробы. Назначение: ювелирные изделия, как правило, для личного украшения: кольца, серьги, кулоны, броши, цепочки и т.д. Сплав ЗлСрПдМ 375-10-38 преимущественно используется для изготовления ритуально-обрядовых изделий в виде обручальных колец, крестиков и т.д. Изделия из сплавов 375-й пробы относятся к наиболее дешевым по ценам. По технологичности пригодны для всех видов холодной обработки и литья, за исключением сплава ЗлСрПдМ 375-100-38, который имеет плохие литейные свойства и склонен к красноломкости при пайке.

Золотые сплавы 585-й пробы с серебром и медью предназначены для ювелирных изделий: кольца с художественной обработкой и перстни, серьги и медальоны, кулоны и цепочки, булавки, пряжки, браслеты, зажимы и запонки, корпуса часов и т.п., а также для ритуально-обрядовых изделий. Золотые сплавы 585-й пробы наиболее популярны в России. Они пригодны для всех видов холодной обработки и литья; наилучшая обрабатываемость сплава – в мелкозернистом состоянии, полученном путем термообработки предварительно деформированного сплава. Обработку резанием, в т.ч. алмазную, рекомендуется проводить в упрочненном состоянии, повышающем твердость на 30-50%. Наилучшие литейные свойства имеют сплавы с соотношением $Ag/Cu=1:1$. Цветовые области тройных сплавов ЗлСрМ включают цвета от красного до желто-зеленого, рис. 112.

Золотые сплавы 585-й пробы с платиной, палладием и никелем – белое золото – предназначены для изделий личного украшения: кольца и перстни, серьги и медальоны, кулоны и цепочки и т.п.; сувениры: памятные медали, значки и т.п.;



История художественного металла

принадлежности для курения: портсигары, сигаретницы, мундштуки. Эти сплавы пригодны для литья и холодной обработки, в том числе для отливки кастов под закрепку драгоценных камней. Пластичны в отожженном состоянии. Не подвержены горячему растрескиванию в процессе отжига или пайки. Кадмий и цинк снижают температуру плавления и повышают литейные свойства.



Рис.112. Пасхальное яйцо розовой эмали. Четырехцветное золото, эмаль, бриллианты. Фирма Фаберже (1). Рамка в виде каминного экрана. Цветное золото, эмаль, жемчуг. Фирма Фаберже, мастер Генрик Вигстрем, Санкт-Петербург, 1908-1917 гг., проба 72. В рамке – фотография Александры Федоровны последних лет жизни

Из письма вдовствующей императрицы Марии Федоровны своей сестре, английской королеве Александре: «Он (Николай II) написал мне очаровательное письмо и подарил прекрасное Пасхальное яйцо. Фаберже сам пришел и преподнес мне его. Это настоящий *chef d'oeuvre* из розовой эмали. Внутри два негра несут портшез с императрицей Екатериной, у которой на голове корона. Яйцо заводится, и тогда негры начинают двигаться: необыкновенно прекрасная и великолепно сделанная вещь.



История художественного металла

Фаберже – величайший гений нашего времени. Я сказала ему: «Vous êtes un génie incomparable» (« Вы несравненный гений» – фр.).

Золотые сплавы 750-й пробы с серебром и медью предназначены для ювелирных изделий: кольца и персти, серьги и медальоны, кулоны и цепочки. Булавки, пряжки и т.п.; сувениры: памятные медали, значки и т.п. Сплав ЗлСрМ 750-150 (с зеленоватым цветом) предназначен для ювелирных изделий с изумрудами. Золотые сплавы 750-й пробы популярны за границей. Эти сплавы поддаются всем видам холодной обработки. Для обработки резанием, в т.ч. алмазной обработки, предпочтительно использовать нагартованное или упрочненное состояние. Низкотемпературный отжиг приводит к значительному росту твердости при одновременном снижении пластичности. Сплавы хорошо паяются и рекомендуются для изготовления изделий с покрытием эмалью. Цвет сплава изменяется в зависимости от содержания легирующих компонентов от зеленого (Зл – Ср) через желтый до розового и красного (Зл – М).

Золотые сплавы 750-й пробы с платиной, палладием и никелем – белое золото – предназначены, как правило, для ювелирных изделий с бриллиантами, изумрудами и другими драгоценными камнями. Эти сплавы имеют более повышенную, до 950-1300°C, температуру плавления по сравнению с желто-красными сплавами. Они пригодны для прокатки, волочения, листовой штамповки и литья по выплавляемым моделям.

Золотой сплав 958-й пробы предназначен, как правило, для обручальных колец, имеет высокую химическую стойкость, но низкие механические свойства, вследствие чего теряет полировку и имеет желтый матовый цвет.

8.1.2 Серебро

Серебро в природе встречается как в самородном состоянии (известны самородки до 8 т), так и в виде серебряной руды, важнейшей из которых является серебряный блеск, или аргентит Ag_2S . В качестве примеси серебро присутствует во всех медных и свинцовых рудах, из которых получают около 80% всего добываемого серебра.

Серебро - тяжелый, тягучий металл белого цвета, его плотность $\rho = 10,35 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; температура плавления серебра 960,5°C. Механические свойства серебра в отожженном состоянии: $\sigma_{\text{в}} = 160 \text{ МПа}$, $\delta = 50\%$. Чистое серебро практически не



История художественного металла

изменяется под действием кислорода воздуха при нормальных условиях, но активно взаимодействует с сероводородом, находящимся в воздухе, с образованием на поверхности темных сульфидов Ag_2S . Серебро устойчиво в воде, но растворяется в азотной и горячей серной кислотах, а также реагирует с щелочными растворами цианидов. Оно имеет самую высокую отражательную способность и обладает самой высокой тепло- и электропроводностью.

Серебряные сплавы (СрМ 800-СрМ 960) используются для изготовления предметов сервировки стола: ложки и вилки, блюда, лопатки, рюмки и т.п.; для ритуально-обрядовых изделий в виде обручальных колец, крестиков и т.п.; для личного украшения: кольца и перстни, серьги и медальоны, кулоны и цепочки, булавки, пряжки и т.п.; для изготовления сувениров: памятные медали, значки и т.п.; для принадлежностей для курения: портсигары, сигаретницы, мундштуки. Они пригодны для всех видов литья и холодной обработки: сплавы СрМ 925 и СрМ 960 рекомендуются для изготовления филигранных украшений, для нанесения черни и эмали; сплав СрМ 875, обладающий повышенной прочностью, широко используется для изготовления личных украшений; из сплава СрМ 830, имеющего самую низкую температуру плавления ($779-830^\circ\text{C}$), изготавливают декоративные поделки. С увеличением содержания меди сплав становится желтоватым.

В декоративно-прикладном и ювелирном производстве наиболее привлекательным материалом были серебряные сплавы, рис.113-116.



История художественного металла



1



2

Рис.113. Скульптура «Дмитрий Донской», серебро. И. Сазиков, 1851 г.(1) Часы « XXV годовщина свадьбы Александра III и Марии Федоровны». Серебро, оникс, бриллианты. Фирма Фаберже, мастер Михаил Перхин. Санкт-Петербург, до 1896 г.



История художественного металла



Рис.114. «Свадебный подарок». Серебро, кварцы. Фирма Фаберже, мастер А. Армфельт. Санкт-Петербург, 1908-1917 гг.



Рис.115. Подарочная шкатулка от Уланского Лейб-гвардии полка. Золоченое серебро. Фирма Фаберже, мастер Ю. Раппопорт. С.-Петербург, 1899-1908 гг.

В центре на лицевой стороне шкатулки (см.рис.115) – чеканная плакетка с изображением атаки егерей и подпись «Гроховское сражение». По сторонам плакетки – даты «13 Фев.» и «1831»; на противоположной стороне – надпись: «Державному Шефу Уланы Его Величества». По бокам от нее даны даты «1651» и «1903». На крышке помещена скульптурная фигура полкового офицера на коне.



История художественного металла



Рис.116 Ожерелье в стиле Г. Йенсена. Серебро.
Б.Т.Никифоров, Ростов-на-Дону, 2002 г.

8.1.3 Платина

Платина в природе встречается в россыпях в виде крупинок, всегда содержащих примеси других платиновых металлов, рис.117.



Рис.117. Самородки платины

Платина – серовато-белый блестящий металл, тяжелый и тугоплавкий; может прокатываться в тонкие листы до 0,0025 мм и протягиваться в тончайшую проволоку до 0,001 мм. Плотность платины $21,45 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, температура плавления 1769°C .

В химическом отношении платина является наиболее устойчивым металлом. Она не окисляется на воздухе даже при



История художественного металла

накаливании и, остывая, сохраняет свой цвет. Устойчива к влажной среде. Минеральные кислоты на нее не действуют, растворяется в горячей царской водке, при взаимодействии с которой образуется платинохлористоводородная кислота $H_2(PtCl_2)$. Платина хорошо полируется и обладает хорошей отражательной способностью. В чистом виде она очень мягка, поэтому ее легируют для повышения твердости.

Высокопробный платиновый сплав считается классическим ювелирным материалом; пластичность, прочность, износостойкость, игра цвета – эти качества платины всегда привлекали ювелиров. Очень тонкая платиновая проволока используется для изготовления филигранных украшений, тонких цепочек, изящных оправ для колец. Платина нарядна и эффективна в сочетании с драгоценными камнями, особенно с бриллиантами. Из платины изготавливают тонкие ленточные браслеты, а также подвески-пластинки, отличающиеся особой элегантностью и легкостью; она также используется для изделий личного украшения: кольца и перстни, серьги, медальоны, кулоны, булавки, пряжки и т.п., рис.118, 119.



Рис. 118. Усыпанный бриллиантами платиновый браслет работы Картье



Рис.119. Овальная бриллиантовая брошь-кулон с жемчужиной. Платина, золото, бриллианты, жемчужина. Фирма Фаберже (1). Диадема «Русское поле»(2)

Замечательная диадема «Русское поле», массой 600г,



История художественного металла

основной элемент декора которой составляют колосья пшеницы, выполнена из золота, платины, бриллиантов. Главное украшение – крупный желтый бриллиант (32,52 карата) помещен в центре композиции. рис.119,(2).

Платиновые сплавы пригодны для всех видов литья и холодной обработки.

Из металлов платиновой группы остановимся только на палладии и родии. Остальные металлы платиновой группы, а именно: осмий, рутений и иридий, в настоящее время в ювелирном деле самостоятельной роли пока не играют.

8.1.4 Палладий

Палладий – металл серебристо-белого цвета, пластичный, легко прокатывается в фольгу и протягивается в тонкую проволоку. По цвету темнее серебра, но светлее платины. Плотность палладия $\rho=12,02\text{г/см}^3$, температура плавления 1552°C . По своим физическим и химическим свойствам значительно уступает платине: легко растворяется в царской водке и азотной кислоте. В ювелирной промышленности используется как компонент белого золота и для составления ювелирных палладиевых сплавов.



Рис. 120 Ювелирные украшения из палладия со вставками:
1 – 3 перстни, 4 – серьги

Из палладиевых сплавов изготавливаются ювелирные изделия для личного украшения: кольца и перстни, серьги и медальоны, кулоны и цепочки, булавки, пряжки и т.п., рис. 120.



История художественного металла

Они пригодны для всех видов холодной обработки давлением и резанием, имеют высокие механические свойства, обладают интенсивным белым цветом.

Сравнительные свойства палладия, платины, золота и серебра приведены в табл. 6

Таблица 6
Сравнительные свойства палладия, платины, золота и серебра

	Палладий	Платина	Золото	Серебро
Удельный вес/плотность г/см ³	Чистый – 12,0 950 – 11,5	Чистая – 21,4 950 – 20,7	Чистое – 19,3 18 карат – 16,1 14 карат – 14,6 9 карат – 12,6	Чистое – 10,5 925 – 10,3
Твердость типового сплава	110 - 135	110-135	105-125	60-75
Температура плавления	1350-1600	1710-1780	880-1175	805-890
Металлы, обычно используемые в сплавах.	Рутений Медь Серебро Галлий	Рутений Кобальт Медь Серебро	Серебро Медь Цинк Палладий Никель	Медь
Реакция с Йодом	Чернеет	Не меняет цвет	Белое золото становится коричневым	Желтеет

8.1.5 Родий

Родий – не вошел в стандарт как ювелирный металл. Это голубовато- белый металл, напоминающий алюминий, твердый и хрупкий. Имеет высокую отражательную способность. Химически стойкий. Применяется в ювелирном производстве как декоративное и защитное покрытие. Изделия из недорогих металлов и серебра, покрытые родием, обладают высокой износостойкостью и отражательной способностью.

8.2 Истории изготовления ювелирных изделий

В разные эпохи ювелиры по-своему относились к природным камням. В классический период развития Греции (с 475г. до н.э.) камни редко украшали изделия из металла, в эпоху эллинизма (323-27гг. до н.э.) для этой цели стали широко применять сердолик, гранаты, изумруды и аметисты наряду с фаянсом и эмалью, рис.121, 122.



История художественного металла



Рис.121. Ожерелье классического (слева) и эллинистического (справа) периодов



Рис.122. Ожерелье эпохи эллинизма

Кроме этого нововведения широкое развитие – особенно при изготовлении серег – получили *филигрань* и *зернь*.

В Средние века камни воспринимались как цветные пятна. В них ценили не яркий блеск, которого в то время не могла дать их неровная поверхность, не высокие качества и чистоту, а главным образом цвет. Не придавалось значения ни тому, что камни часто обладали естественными пороками, снижавшими их



История художественного металла

материальную ценность, ни тому, что они были неправильной формы, неравны, содержали большое количество включений, ни трещинам, ни переменной или бледной окраске. Основное значение имел цвет камня, нужный для украшения того или иного предмета. Камень любили, им любовались, рис.123.



Рис.123. Пара серег VI в. византийской работы, украшена яркими самоцветами: сердоликом, лазуритом и гранатами, а также золотым филигранным узором

Во второй половине XVIII в. широкое распространение получают *алмазы*, после огранки их называют бриллиантами. С XIX в. и до настоящего времени роль драгоценных камней измеряется их денежной стоимостью, их размером, чистотой, игрой сложно ограненной поверхности, рис.124.



История художественного металла



Рис.124. Ожерелье из платины с бриллиантами

Роль оправы камня сводится к тому, чтобы усилить его блеск и цвет, оправка также может испортить впечатление, если неправильно взята ее форма и выбран неподходящий по цвету металл.

8.3 Имитаторы и заменители благородных металлов для ювелирных изделий

8.3.1 Заменители на основе меди.

На основе меди разработано большое количество различных сплавов, имитирующих благородные металлы [13]:

Алюминиевая бронза – сплав из 90 частей меди и 10 частей алюминия. Золотисто-желтый, ковкий, поддающийся отливке металл. Английское торговое название – *ауфир (аурал, ауфор)*.

Американское накладное золото – очень тонко позолоченный основной металл, часто томпак.

Батбронза (Bathbronze) – бронза с 6 процентами олова, используется для литья мелких художественно-промышленных изделий. Сплав, пригодный для позолоты.

Батметалл (Batmetall) – сплав, легированный цинком (около



История художественного металла

45 процентов), в Англии предпочитают для изготовления столовой посуды.

Бельгика (Belgica) – сплав с подделанным под платину цветом; составлен, как правило, из 74,5 процента железа, 16,6 процента хрома и 8,9 процента никеля.

Хризокальк, или золотая бронза (*Chrysokalk*) – мягкий, золотого цвета сплав меди (называется также золоченая бронза) для художественных работ и украшений, которые часто золотили. Его составы различны. Наиболее тонкий – французский хризокальк для медалей, монет и т. п. – содержит 95-98 процентов меди и 2-5 процентов цинка. Другие сплавы: 90,5 процента меди, 6,5 процента олова и 3 процента цинка или 90,5 процента меди, 8 процентов цинка и 1,5 процента свинца.

Накладное золото – золоченый материал, основу которого образует сплав меди с золотым покрытием по меньшей мере 8 микрон.

Дюраметалл (Durametall) – немецкое название сплава меди, цинка и алюминия, имеющего золотисто-бронзовую окраску.

Золото «Musiv» – пластинки сульфидного олова SnS_2 с золотым блеском, применяются как золотая бронза для некоторых видов золочения. Преимущество сплава в том, что он не разъедается ни серой, ни сероводородом и не чернеет (как металлический бронзовый порошок).

Орайде (Oreide) – французское золото, сплав золотого цвета для литья художественно-промышленных изделий. Составы сплава различные, например, 80 процентов меди, 15 процентов цинка, 5 процентов олова или 86,13 процента меди, 13 процентов цинка, 0,4 процента олова и 0,6 процента железа.

Оротон (Oroton) – торговое название похожего на томпак сплава.

Пинчбек (Pinchbeck) – английское золото, сплав меди и цинка с 83-93 процентами меди. Этот сплав был разработан лондонским часовщиком Христофором Пинчбеком (1670-1732).

Голдин (Goldin) – в торговом обращении применялось немецкое название для сплава меди и алюминия, который использовался для создания дешевых ювелирных изделий.

Гамильтонметалл (Hamiltonmetall), *хризорин* – сплав 66,7 процента меди и 33,3 процента цинка, окрашен в золотисто-желтый цвет, имеет мелкозернистую структуру и очень хорошо подходит для золочения изделий.

Мангеймское золото – сплав из 83,6 процента меди, 9,4 процента цинка и 7 процентов олова, окрашенный как золото.



История художественного металла

Изготовленные из этого сплава изделия, как правило, позолочены.

«Мопель»-металл – английское название для сплава из 67 процентов меди, 33 процентов цинка, железа и марганца, он пригоден для изготовления монет, медалей и пр. В США из этого сплава выпускают броши, браслеты, пряжки и пр.

Мозаичное золото – сплав из 66 процентов меди и 34 процентов цинка с оттенком самородного золота.

Платинор – сплав из 57 процентов меди, 18 процентов платины, 10 процентов серебра, 9 процентов никеля, 6 процентов цинка, отличается красивым золотым цветом и используется для изготовления ювелирных изделий.

Платиновая бронза – сплав никеля и олова с небольшим добавлением платины. Хорошо поддается полировке. Его блеск даже в неблагоприятной среде сохраняется относительно долго. Сплав с соединением 90 процентов никеля, 9 процентов олова и 1 процента платины используется для изготовления столовых приборов. Для изделий более высокого качества применяют сплав из 81, 5 процентов никеля, 16 процентов олова, 0,8 процента платины, 1,7 процента серебра.

Сплав *«Splauter»* – сплав с большим содержанием олова, чаще из 90 процентов олова, 8 процентов свинца и 2 процентов меди. Используется для ювелирных украшений, как правило, позолоченных или покрытых медью (коричневой платиной).

Штеллит (Stellite) – сплав хрома и кобальта, похожий по цвету на платину.

8.3.2 Тантал и ниобий. Тантал (Ta) [от имени героя греческой мифологии Тантала – лидийский или фригийский царь, обреченный богами на вечные муки (танталовы муки); стоя по горло в воде и видя спускающиеся с дерева плоды, Тантал не мог утолить жажду и голод, так как вода уходила от его губ, а ветвь с плодами отстранялась]. Та – светло-серый с синеватым оттенком металл, тяжелый и тугоплавкий. Плотность $\rho=16,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $t_{\text{пл}}=2996^\circ\text{C}$. Химически стоек. В ювелирном производстве используется вместо платины. Украшения из тантала начали применяться с 1977г. Использование Ta в ювелирном деле мотивируется его редкостью (стоимость тантала дороже серебра) и его способностью анодироваться (анодирование – электрохимическое оксидирование) при очень высоком напряжении, что дает возможность получить богатые интенсивные тона. Изделия из тантала получают методомковки, так как тантал не паяется и не поддается



История художественного металла

обычному отжигу и сварке, а полируется только при помощи смеси очень сильных кислот. Украшения из тантала - это, как правило, кольцо и ожерелья в виде лепестков, окрашенных в интенсивно зеленый или переливчато - синий цвета. Танталовые украшения создают ощущение тяжести, так как плотность тантала близка к плотности золота ($\rho_{Ta}=16,6$; $\rho_{Au}=19,32$), рис. 125, 126, 127.

Ниобий (Nb) – (назван в честь Ниобы – дочери мифологического Тантала – (близость свойств Nb и Ta) – светло-серый тугоплавкий металл; химически очень стойкий; плотность $\rho=8,57 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; $t_{пл}=2500^\circ\text{C}$. Украшения из ниобия появились на рынке вместе с танталовыми: кольца, серьги, броши, булавки, кулоны, браслеты ярких радужных расцветок, в которых анодированный ниобий сочетается с хрусталем, серебром, золотом; особой популярностью пользуются серьги, браслеты и кольца из ниобия, окрашенного в черный цвет, рис. 128.



Рис.125. Montblanc в модели Sport Chronograph Tantalum Automatic. Танталовый корпус с не танталовым безелем из красного золота.



История художественного металла



Рис. 126. Перстни. Тантал. Киров



Рис.127. Реверс медали из серии "История в лицах".
Материал - тантал 99,99. Диаметр - 25,3 мм. 2004 г. Стилистика -
глубокий рельеф (1). Екатерина Великая. Материал - тантал
99,99. Диаметр - 25,3 мм. 2004 г. Стилистика - глубокий рельеф
(2).



Рис.128. Ювелирные изделия с ниобием (1).



8.3.3 Сталь и чугун в ювелирных украшениях.

Распространенными и модными в XVIII в. украшениями были *стальные* броши с ограненными вставками из мягкой стали, приклепанными к корпусу самого изделия так, что казалось, будто оно усыпано бриллиантами или стразами.

Подобные вещи из граненой стали, сочетавшие в себе одновременно качества металла и камней, носили даже в высшем обществе. Иногда их цена даже превышала стоимость подлинных драгоценностей. Первые изделия из граненой стали были сделаны в Лондоне в 60-е годы XVIII в., впоследствии они распространились по всей Европе. В России наибольшую популярность имели стальные ювелирные изделия тульских мастеров.

После 1769г. богатых французов просили сдавать драгоценности в казну, а вместо них носить украшения из граненой стали. Мода на них сохранилась до конца XIX в. в таких изделиях, как броши, браслеты, тиары и ожерелья, гребни, женские сумочки, рамки и оправы, печати, пуговицы, кольца и заколки для волос.

Еще во времена Римской империи широко пользовались самыми разнообразными пряжками, но особую популярность они приобрели в XVIII в. Ведущий производитель металлических изделий Мэтью Бултон разработал несколько видов металлических пряжек из граненой стали со вставками из специальных фарфоровых дисков. Этот сорт твердого, бисквитного, так называемого «костяного» фарфора называется «веджвуд», по имени его создателя английского керамиста Джозайи Веджвуда, выпустившего первые изделия из него в 1764г., рис.129 (1).



Рис.129. Камень из синего «веджвуда» вставлен в оправу из граненой стали(1). Железная Корона, V в. (2)

Сталь для ювелирных изделий использовали с глубокой древности. Так, в сокровищнице базилики Св. Иоанна Крестителя в итальянском городе Монце хранится знаменитая Железная Корона, рис.129 (2). Железная Корона – позднеантичная (ранневизантийская) диадема, у которой внутренний железный обруч (ободок), скрепляющий шесть ее золотых пластин, изготовлен из гвоздя (одного из трех) распятия Иисуса Христа.

Великий ювелир Фаберже неоднократно использовал сталь для своих изделий. Таким было военное пасхальное яйцо 1916г., а на рис.123 (1) показана замечательная стальная сигаретница с золотыми накладками.



История художественного металла



1



2

Рис.123. Стальная сигаретница украшена золотыми рокальными накладками. Фирма Фаберже, мастер Михаил Перхин. Санкт-Петербург, посл. четв. XIX в., проба 56 (1). Рамка с фотографией. Нач. XX в. Россия. Касли, Чугун. Литье. Ростовский-на-Дону краеведческий музей

В начале XIX в. чугун использовался для производства изящных ажурных, узорчатых ювелирных изделий. Первой фабрикой по их изготовлению стала Берлинская императорская фабрика, основанная в 1804 г. Именно на ней создана большая часть ювелирных украшений, произведенных в Берлине между 1813 и 1815 гг. В то время Германия остро нуждалась в золоте и серебре для ведения войн против наполеоновской Франции, в связи с чем была проведена кампания по сбору драгоценных металлов у населения. В обмен на изделия из драгоценных металлов государство предлагало простые железные украшения, призывая людей из патриотических побуждений расстаться с золотом и серебром. На лицевой стороне таких предметов делалась надпись «Gold gab ich für Eisen» («Я отдал золото за железо»), а на обороте изображался портрет Фридриха Вильгельма III Прусского. Производство чугунных брошей, ожерелий, браслетов, вееров, гребней и других подобных украшений продолжалось также до конца XIX в.

Производство ювелирных изделий из чугуна достигло своего пика между 1813 и 1815 годами, когда принцесса Марианна Прусская обратилась ко всем женщинам Пруссии, отдать свои золотые украшения для финансирования восстания против Наполеона во время Освободительной войны, в



История художественного металла

обмен на брошь из железа или кольцо с надписью "Я отдала золото за железо" (или с надписью «для благосостояния нашей Родины», или с портретом Фридриха-Вильгельма III Прусского на обороте). Именно на ней создана большая часть ювелирных украшений, произведенных в Берлине между 1813 и 1815 гг. В то время Германия остро нуждалась в золоте и серебре для ведения войн против наполеоновской Франции, в связи с чем была проведена кампания по сбору драгоценных металлов у населения, рис. 124, 125.



Рис.124. Железное обручальное кольцо с надписью «Я сдала золото за железо»



Рис.125. Медаль «Я отдал золото за железо» (1,2); Крест с портретом Фридриха Вильгельма III Прусского, (3)

В России также имело место производство чугунных, удивительных по сложности и мастерству изготовления ювелирных изделий.

Стальные ювелирные изделия вновь входят в моду.



История художественного металла

Мода на стальные изделия изначально пошла из Англии во Францию, а потом дошла и до Российской Империи. Во времена правления Екатерины II главным изготовителем стальных украшений был тульский завод. Это был мир стальных цепочек, колец, кольца, сережек и был заброшен в середине XIX-го века, и только в конце 90-х годов 20-го столетия в Италии ювелиры снова вспомнили об этом незаслуженно забытом металле. Ювелирная сталь с вольфрамовым или титановым напылением обеспечит вашему изделию стойкость к царапинам, извечную красоту и пожизненную гарантию.

Современная мода отличается абсолютной вольностью и индивидуальностью. Ювелирные украшения из стали со вкусом свободы и независимости вытесняют однообразные предсказуемые элегантные украшения из золота. К тому же, украшения из стали подходят не только женщинам, но и мужчинам, подчеркивая их индивидуальность, мужской стиль и безупречный вкус. Из стали делают все – серьги, кулоны, кольца, браслеты, цепочки, к тому же нередко стальные копии ювелирных брендов (причем, смотрятся они не хуже), рис. 126. Дизайнерской фантазии нет границ – с помощью стали ювелиры превращают в жизнь многие свои задумки, сочетая металл с каучуком, с деревом, покрывая его эмалью различных цветов, делая вставки из силикона, создавая необычайные композиции, формы, украшая всё это орнаментальной гравировкой.



1



История художественного металла



2

Рисунок 126. Стальная подвеска (1) и браслет из стали и титана (2)



РАЗДЕЛ II. ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ

ГЛАВА 9. ЗАРОЖДЕНИЕ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

9.1. Гипотезы возникновения и древние технологии литейного производства

Для древнего (первобытного) человека первые самородки металлов (Cu, Au, Ag и др.) были не чем иным, как камнем. Но в отличие от ранее известных, эти камни имели блеск и легко изменяли свою форму под ударами камня или каменного молота.

Как возникла плавка металла – пока неизвестно.

Можно предложить несколько гипотез:

1. Первобытный человек издавна сооружал очаги из камня для приготовления пищи, совершения ритуальных церемоний или для иных целей, например, обогрева жилища и т. д.

В этот очаг могли попасть самородные металлы, которые плавилась, собирались в углублении очага и после окончания действия очага затвердевали и принимали форму углубления.

2. По мнению В. М. Ломоносова, Тита Лукреция Кара, выплавка металла могла быть связана с большим пожаром, при котором происходило расплавление самородков и медной руды.

В поэме «О природе вещей» Тит Лукреций Кар (Titus Lucretius Caris), рис.127, римский поэт и философ-материалист в I в. до н. э. так объясняет возникновение литейного производства:



Рис.127. Тит Лукреций Кар



История художественного металла

«Пламени жар
От каких бы причин не возник,
Он дебри лесов пожирал с ужасающим треском и шумом,
Вплоть до глубинных корней,
И огнем выжигалась почва.
Золото и серебро заструились потоком обильным
Всюду из жил раскаленных земли и
Стекались в углубления, так же как медь и свинец.
А когда отвердели металлы
И на земле засверкали впоследствии цветом блестящим,
Люди, плененные блеском и прелестью,
Их поднимали и замечали при этом,
Что слитки всегда сохраняли форму,
Похожую на замыкавшие их углубления.
Было открыто тогда,
Что металлам расплавленным жаром
Может дана быть фигура и форма,
Какая угодно».
[Лукреций Кар. О природе вещей. Изд. АН СССР, 1946].

Первые отливки были случайной формы, не имели специального назначения, а являлись заготовками для перековки в готовые изделия. Металлографический анализ подтвердил это предположение. Позже, когда человек обнаружил замечательное свойство сплавов меди давать точный отпечаток контуров и рельефа сосудов, куда заливали жидкий металл, он начал придавать этому сосуду форму и рисунки будущего изделия. Так появились первые формы и отливки.



Рис.128. Плавильщики и литейщики (фрагмент росписи из гробницы в Фивах. XVIII династия, примерно 1450г. до н.э.) [38]

В Египте на росписи гробницы Рехмира в Фивах XVIII



История художественного металла

династии Нового царства изображены простые приемы древних литейщиков, но это лишь условное упрощение. В действительности египетские литейщики в то время умели получать сложные полые отливки, т. е. изготавливать формы с применением стержней по восковым моделям, о чем будет сказано ниже, рис.128.

Здесь, в литейной мастерской, мы видим работу 12 мастеров, которые осуществляют загрузку исходных материалов в тигель, ведут процесс плавления металла и подачу воздуха в горн; если прежде медники раздували горн ртом через трубки, то в рассматриваемое время уже появляются ножные мехи, причем каждый из двух медников, раздувавших горн, орудовал двумя мехами. Далее на схеме показана выемка тигля из горна, разливка металла в формы и, наконец, поднос формовочного материала. В тексте на рисунке поясняется, что производится отливка больших бронзовых дверей для храма из металла, доставленного из Сирии.

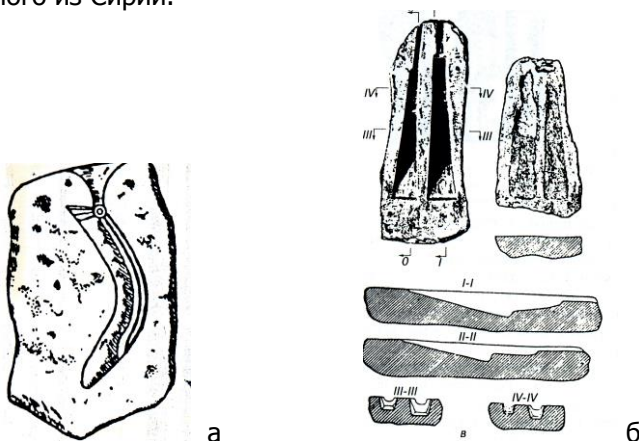


Рис.129. Каменные литейные формы: а – открытые; б – закрытые двухгнездовые. Нач. I тысячелетия. Киргизия [5]

Первоначально для литья использовали формы из влажной глины. Отпечаток модели в этих формах получали путем вдавливания. Примитивные открытые формы также вырезали из камня или обожженной глины и заполняли расплавленным металлом. Обычно выбирали мягкие камни, например, известняк, сланцы и в них острым твердым камнем вырезали углубления, рис.129а. Позднее появились каменные закрытые формы,



История художественного металла

рис.129,б, рис.130.

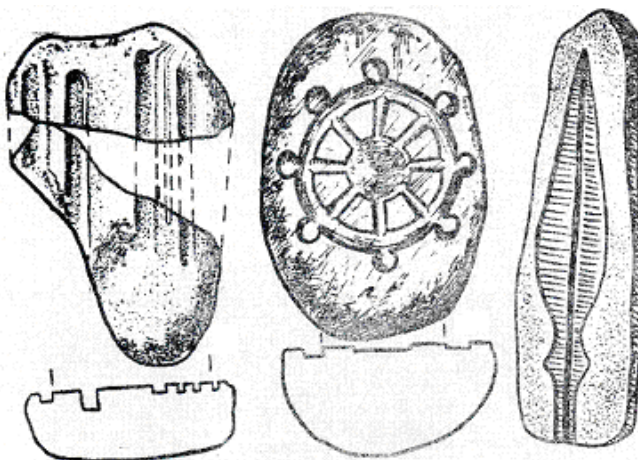


Рис.130. Каменные формы из Восточного Казахстана

Для того чтобы получить полость, в форму вставляли твердый предмет (из металла, дерева, глины и проч.), вокруг которого затвердевал металл.

Достоинства и недостатки каменных форм:

- трудность и длительность изготовления каменной формы;
- многообразие использования каменной формы;
- износ кромок каменной формы и постепенная (от отливки к отливке) потеря четкости рельефа.

Для изготовления объемных трехмерных предметов сначала изготовлялся сам объект (т.е. модель) из воска или другого материала, например, дерева, и покрывался глиной. Когда глиняная форма высыхала, ее разрезали пополам и удаляли модель. После этого обе половинки вновь соединяли и заполняли расплавленным металлом.

Наиболее древней художественной отливкой является медная статуэтка быка из Эль-Обейда (Ирак), конец VI-середина IV века до н.э., рис.131.



История художественного металла



Рис.131. Медная статуэтка быка из Эль-Обейда

С середины III тысячелетия до н.э. в Месопотамии, а со II тысячелетия в Египте вслед за применением примитивной техники литья в открытые формы (из камня, песка, дерева и проч.) появилось литье в створчатые формы из глины, снятые с лепной или резной модели. Отлитые в них части круглой скульптуры и сосудов скрепляли оловом. Места соединения сглаживали чеканкой, которой также прорабатывали рельефные детали, что усиливало их контраст с обобщенно-монументальными поверхностями, часто полированными. Иногда чеканка дополнялась гравировкой.

На Ближнем Востоке, на Крите с конца II тысячелетия до н.э. бронзовые изделия украшались более дробным рельефом и инкрустацией из меди, серебра, иногда золота (орнаменты, сложные надписи, сцены битв, охота, рис.132, придворные развлечения).



История художественного металла



Рис.132. Бронзовый кинжал из микенской гробницы (Крит), инкрустированный золотыми изображениями сцены охоты

В Древнем мире одновременно с каменными формами использовалась сложная техника литья, известная как метод «вытопленного воска», или техника литья с «потерей восковой фигуры». При этом методе литья сначала готовили восковую модель, затем ее покрывали глиной и оставляли в ней небольшое отверстие. После того как глина затвердевала, воск вытапливали и на его место заливали расплавленный металл. Восковая фигура (модель) при этом методе уничтожалась (терялась), что и дало название этому методу. Данная технология еще в глубокой древности была доведена до совершенства и на протяжении веков вплоть до нашего времени является основной при производстве художественного литья.

Неизвестно, кто впервые изобрел эту технику литья, но некоторые предметы из гробницы Тутанхамона (он умер около 1352г. до н.э. в возрасте 18 лет) были изготовлены именно таким способом. Это дало основание некоторым исследователям [48] предположить, что его изобрели в Древнем Египте.

В то же время, замечательный русский ученый-литейщик, доктор технических наук, профессор Н.Н.Рубцов, знаток истории литейного дела [41], называет способ литья по восковой модели древнекитайским.



История художественного металла



а



б

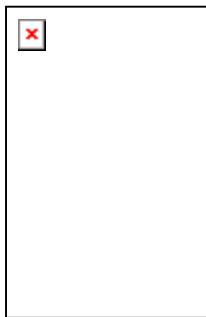
Рис.133. Древнекитайский метод литья по восковой модели:
а – глиняный болван; б – восковая модель

Технология древнекитайского метода литья по восковой модели заключалась в следующем. Сначала готовился из гипса или глины стержень-болван, имеющий грубо приближенное очертание будущего изделия, рис.133а. Затем мастер-художник, в большинстве случаев он же литейщик, лепил на этом болване восковую модель, рис.133,б, после чего, прикрепив к модели восковую литниковую систему, приступал к изготовлению формы.

Формовочная смесь, разведенная до консистенции сметаны, наносилась на модель тонкими слоями.

9.2. Древнерусская технология литья мелких медных изделий

Медное литье – интересное явление в русской художественной культуре и имеет глубокие национальные корни. Оно известно со времен Киевской Руси (XI в.) и было неразрывно связано с иконописью, откуда черпало сюжеты и иконографию, иногда воспроизводя чтимые оригиналы с исключительной точностью и достоверностью.



а



б



В

Рис.134. Христианские медные иконы: а – крест-энколпион, XII в.; б – икона «Чудо Георгия о змие», XVI в.; в – складень трехстворчатый «Св. Параскева Пятница и избранные праздники», XVIII в.

С принятием христианства на Руси появляется большое количество церковных предметов. Первоначально произведения христианского искусства ввозились на Русь из Византии, о чем свидетельствуют многочисленные находки «Корсунских» предметов во многих городах южной Руси. Но уже к началу XII в. налаживается широкое серийное производство в Киевской Руси и других центрах Древней Руси нательных и наперстных крестов, икон, змеевиков и других христианских изделий, рис.134.

Обычно изделия мелкой пластики отливали по восковой модели из медного сплава в двухсторонних глиняных формах [42].

Сохранение древних традиций отливки мелкой пластики в песчаных формах принадлежит Выговскому (Поморскому) старообрядческому литейному общежителю.

В 1965г. в Государственной Публичной библиотеке им. Салтыкова-Щедрина в Ленинграде были обнаружены указы (наставления, руководства, прим. наше – **БТ.**) по древнерусскому медному литью. В данных указах приводится традиционная древнерусская технология отливки медных изделий и эмалирования, применявшаяся в Поморских (Выговских) пустынях (у староверов), не подверженная влиянию передовых приемов в области технологии литейного производства.

Поморское литье отличается прекрасной формовкой, отливкой и отделкой и совершенно лишено чеканки. Чеканилась форма (модель), а отлитая икона оставалась без исправления чеканщика. Обратная сторона, в случае отсутствия рисунка, тщательно шлифовалась. В литературе имеются сведения, что «Выговские медники отливали свои изделия, используя в качестве формы березовый гриб».



История художественного металла

Уровень технологии Выговского литья был столь высок, что позволял использовать первый экземпляр отливки в качестве моделей.

Ниже полностью приводится один из указов по Выговскому медному литью с сохранением древнерусского стиля изложения и орфографии.

«Указ о медном литье

Первое подобает начати землю, как угодно плавить, в сосуде, в каком пристойно, розвести с водою, чтоб было житко все смешано с водою, и розбив мелко, и так поставить; и когда оная земля будет устаиваться крупная на дно пасть, а мелкая на верх останетца; и которая с водою ходит, и та взять положить в другую посуду и положить в подобное место, где-б скоряя сохло, токмо чтоб не круто, а вода бедет устаиватца та надать сливать. А когда станет быть суха, токмо не падать дать досуха высушивать, чтоб можно круглыми катками скатать, да скатав, высушить сухо крепко да пожечь те катки, чтоб оне докрасна нагорели все давно и вон вынять да простудить и просиять частым ситом в корыто нарочное, да свежим добрым квасом розвесть чтоб не житко в меру, да дни два пропустить, чтоб она укрепились, да пронарови двои сутки. Ежели похочеш печатать, то надать выместить мягкы, и ежели суха будет, то квасом полей, чтоб мерно и вымеси мягко и, ежели хочеш знать, когда годна будет к печатанию, то возми оную землю, зажми в руку плотно: ежеле будет знать с ладони выдать письмо, тогда годна, и печатай в опоки створы или распятия и другие всякия вещи. То возми верхнюю половину опоки да положи на доску да землю набей туго, да ножом среж глатко да тут покладай, что намерено печатать: ежели створы или распятия и кресты, то правыми сторонами внис, а левыми вверх, да другую опоку положи, да пыхвой напыхай на всякия штуки, токмо чтоб немного, да ситом насеи, чтоб их невидить, да прочее руками доклади да набей крепко и ножом срежь, и ту набитую половину опоки не рознимаю переверни и ту набитую срезанную опоку переверни тою стороною положи на доску, а другую половину возми сверху с той опоки вынь вонда разбей да на место полжы, да тою пыхвой напыхай, да ситом насеи, да прочее руками доклади, да набей туго токмо обстоятельно, чтоб не чрез меру, чтоб в том печатании не было выломок, да также ножом среж глатко, да розойми, да на которой стороне чтоб печатаного останетца то ножом обстоятельно тихостно выколоти, да вытряхни с опоки



История художественного металла

тихостно, да возми и прореш во все места и проходы да в наханую горячо печь положи, чтоб высохло сухо, да потом же на горне на горячее уголье, чтоб збилело; да потом, вынув з горна, выстудить, да берестом выкоптить, чтоб счернело да сложить вместо да меди положить весок против того, что напечатано, да сверх того на путик. А меть положить в горшек, а горшек положить в горн до класть угольем да спускай с воли горит; как уголье нагоряет так и горшек с медью, да когда будет горячо тогда надать дуть, и когда меть будет таять и будет кипить, тогда немоги лить, хотя она и жестоко ходит и чадом зеленым ошивает; все мешкай, а когда будет на ней попонку натягать и дым зеленый ходит станет менши, тогда лей и, вылив, розойми да землю выколоти, пилою или ножнями отрешь что выльетце: ежели не финифтянное, то возьми да щетью свиною вычисти, чтоб земли не было, да розожги горн, да положи печку, которая имеетца быть нарочная, и положи ту печку в горн на уголье, да угольем обклади хорошим, чтоб в них огня не было. А когда печка та нагорит с угольем до красна и тогда мешечком розодми, чтоб была красна и огня бы не было з дымом, чтоб жар был, и тогда отвори в печки устие и тогда створы или распятия и кресты положи, да углем устие затвори, а под верхом остав выход, чтоб чад оттуда вышел, который от меди пойдет, и которое положенное в печку нагорит до красна, тогда и все затвори, да посматривай, чтоб не згорело. И когда буде с печкою не знать, тогда устие отвори, да дай здохнуть, да еще затвори, да когда на положенной меди будет как мошечнику садитца, тогда немного народи и вон вынь, да пускай простынет, да положи в ягоды, а ягоды чтоб были вытолчены, сочны, да положи соли в меру да повари на огни, да в тех толченых вареных ягодах лежит часов з десять. Да ежели посмотри, что грязь отошла, возьми да маленьким песком да свиною щеткой с водою вытри, да водою чистою переполощи, да еще возьми ягод, посмотри сколько меди, да ягоды вытолки, да положи на огонь на уголье, да пускай закипит, да в кипяткок покладай, да ключ хороший дай, да вон вынь да тому же подовно песочком со щеткой вычисть, да послѣ того с квасом медной щеткой вычисть да белым платом вытри да в жару высуши. А послѣ песочнаго чищенья до меднаго чищенья, которое недообтерано пилою, тогда оботри все наготово, да тогда щетью медной вычисть на готово да по простым местам или древам выходи гладилом.

А которе будешь лить створы или кресты на голо з зеленой меди, лей (видимо, в указе пропуск слов. – БТ.) отнюдь не клади,

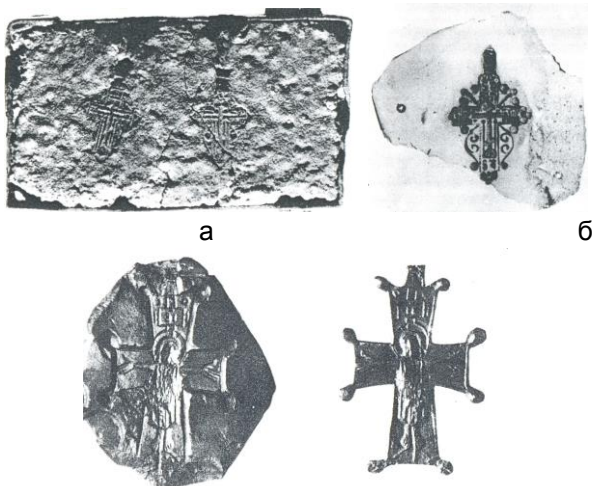


История художественного металла

а ежели сколько кладеш красной или зеленой меди и запруды то тово во огонь не клади, маш воткой крепкой. И в финифтянное отнюдь не клади кроме зеленой меди, понеже того финифтянного не возможно, что в огни не быть. А когда будеш воткою крепкою мазать какую любо вещь, тогда вычести щеткою, чтоб земли не было, да согрей, чтоб была горяча, токмо в меру, а вотки положи в хрустальною посуду, да кисточкой зделай портяные маленькие на обстоятельных рукояточках да тогда мажь по всему тому, да вымазав, в воды щеткой смой, да положи в ягоды, да час полежит, да возьми песком вычести, да щетью медной наготово, тогда будет бело.

Внимательный и вдумчивый читатель найдет в приведенном выше указе сведения о том, как готовилась формовочная смесь, об особенностях технологии формовки и сушки форм и плавки меди; много места в указе уделено вопросам очистки отливок: о проведении осветляющего отжига, об отбеле отливок в горячих ягодах, о механической очистке щетками и о полировке их гладилом. Далее приводятся составы шихт для простого литья створов, распятий и крестов и для финифтяного (предназначенного для эмалирования) литья.

На рис.135-136 показаны различные формы и отливки Выговского литья.





История художественного металла

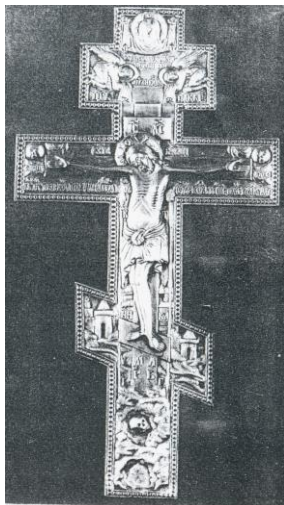


б



г

Рис.135.Выговское литье:
а-песчаная форма (а); отпечаток креста в березовом грибе
(б); в - каменные формы креста XII-XXIV в.;
г – отпечаток в форму XVII-XVIII в.



а



История художественного металла



б



в

Рис.136. Примеры Выговского литья: а – крест «Распятие», XVIII в.; б – икона прорезная «Святой Андрей Стратилат», XVIII в.; в – икона прорезная «Пророк Даниил», XVIII в.



ГЛАВА 10. ЛИТЬЕ ДРЕВНИХ СТАТУЙ

10.1. Древние технологии литья скульптур

При литье статуй применяли как метод расчленения литейной формы, так и приемы цельнолитых скульптур с потерей восковой фигуры (т.е. по выплавляемым моделям). Если тщательно проанализировать древнюю литую статую царицы Напир-Асу из Элама, древнейшего государства, располагавшегося у северной оконечности Персидского залива, то можно заметить, что рука царицы оформлялась несколькими кусками литейной формы – заметны остатки заливов на границе кусков, а также вертикальный залив, идущий по руке, бедру и далее до самого низа фигуры, рис.137.



Рис.137. Статуя Напир-Асу, царицы Элама (Иран). XV-XII вв. до н. э. Бронза

Примечание. Супруга Унташ-Напириша (1275 — 1240 годах до н.э.) известна лишь по найденной в Сузах колоссальной бронзовой статуе, высотой почти в рост человека и весом более 1,7 тонны. Прискорбно, что у статуи отсутствует голова. Эламская надпись сообщает имя царицы: «Я, Напир-Асу, супруга Унташ-Напириша». Имя Напир-Асу, возможно, означает,



История художественного металла

«Луноподобная». За приведённым именем царицы следует проклятие тому, кто изменит надпись царицы или уничтожит её имя, кто посмеет украсть статую или переплавить.

Также была разработана технология изготовления сложных художественных отливок по частям с последующей их сборкой. Такая технология отливки изделия по частям является основной в нынешних условиях производства художественных отливок. Примером технологии отливки по частям может служить небольшая статуэтка богини Исиды, относящаяся к X-VII вв. до н.э., рис.138. На плече богини находится вертикальный паз, в который будет вставляться отсутствующая левая рука, которая, по мнению специалистов, держит сына-младенца Гора.



Рис.138. Фрагмент статуэтки богини Исиды. X-VII вв. до н.э.
[38] (1). Осирис и Исида (2)

Египтологи считают, что религия Гелиополя была почти государственной, поскольку, несмотря на то, что каждый город имел своих собственных местных богов, Великая Энниада богов Гелиополя (священного города) признавалась повсеместно. Этот великий пантеон, состоящий из девяти богов, представлял собой семью под управлением Атума-Ра. В начале начал Атум, или Атум-Ра, создал Шу, бога воздуха, и Тефнут, богиню влаги. Эта пара породила Геба, бога земли, и Нут, богиню неба. Геб и Нут совокупались, но их совокупление было прервано их отцом Шу, который в виде воздуха проник между ними и оторвал ложе неба



История художественного металла

от земли, разделив тем самым божественных любовников. Несмотря на прерванный акт, Нут, богиня неба, родила четырех имевших обличье человека богов, которые жили на земле. Это были Осирис и Сет, двое братьев, и их сестры Исида и Нефтида. Осирис и Исида объединились и стали главными героями величайшего мифа Древнего Египта, первой божественной парой, которая правила Египтом.

«Осирис был старшим сыном Нут, богини неба. Осирис, богочеловек, стал первым фараоном Египта. Он был хорошим фараоном и установил в стране власть закона (маат). С помощью своего визиря, бога Тота, он научил людей религии и цивилизации. Египет процветал и находился в мире с самим собой. К несчастью, не все были счастливы – особенно его брат Сет. Он составил заговор против Осириса, убил его и разрезал тело на маленькие кусочки, которые рассеял по всему Египту. Трагедию усугубило то, что Исида еще не завела ребенка, когда это случилось, и у Осириса не оказалось наследника, который мог бы занять его место. Однако оказалось, что еще не все потеряно, поскольку Исида тайно собрала части тела своего мужа и своей волшебной силой восстановила тело Осириса, сделав его, таким образом, первой мумией. Оживив его, она теперь смогла вступить с ним в супружеские отношения. Хотя для Осириса это было только временное возвращение к жизни, оно оказалось достаточно длительным для того, чтобы Исида забеременела от его семени. Предназначение Осириса на земле было выполнено, он преобразил себя в звездное существо (Орион) и воцарился в небесном Царстве Мертвых, названном Дуат.



Рис. 139. Гор, Осирис и Исида. VIII в. до н.э.



История художественного металла

Исида в это время пряталась от Сета в болотах Дельты около Гелиополя и в соответствующее время родила сына Гора, рис. 139. Он вырос могущественным принцем и со временем вызвал Сета на поединок, чтобы определить, кто имеет право унаследовать Египет после Осириса. Во время поединка Гор потерял глаз, а Сет – яички. Хотя битва не привела к окончательной победе кого-либо, бога солнца уговорили высказаться на суде в пользу молодого Гора, и Гор был провозглашен Фараоном, первым в долгой череде фараонов».

Трагическая история Осириса и героическая борьба за трон служили образцом на протяжении всей египетской истории. Фараоны, провозглашая себя очередным воплощением Гора, делали свою власть легитимной и, более того, придавали ей божественный характер; эпическая битва с Сетом стала метафорой, означающей борьбу фараона с незаконными претендентами на трон [7].

На керамической чаше (вид снизу), относящейся к V в. до н.э., изображена технология изготовления бронзовых статуй, людей в натуральную и более величину, рис.140.

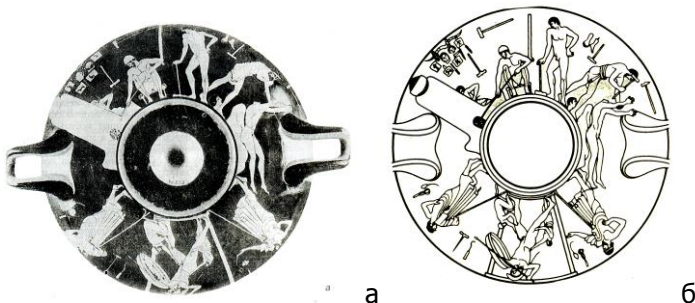


Рис.140. Керамическая чаша (а) и ее схема (б) с изображением процесса бронзового литья в греческой мастерской. Около 490 г. до н. э. [12]

На чаше и схеме в левом верхнем углу показана шахтная плавильная печь. Стоящий за печью молодой работник раздувает мехи, обеспечивая тем самым необходимую температуру жидкого металла. Справа от печи на рогах висят раскрашенные пластины и маски – это благодарственные приношения, обеспечивающие защиту от неудач в работе, или, возможно, – демонстрация типов изделий, изготовленных в мастерской. Справа от печи



История художественного металла

плавильщик работает с жидким металлом в печи, а, возможно, его помощник наблюдает за работой. С правой стороны мастер прилаживает руку к бронзовой статуе, находящейся на глиняном ложе. Отдельно отлитая голова еще лежит на полу. В нижней части рисунка чаши двое рабочих полируют большую статую воина в шлеме, стоящую на помосте. За их работой наблюдают два человека. Предполагается, что один – скульптор-автор статуи, другой – бронзолитейщик, воплотивший замысел скульптора в металл.

После отливки и сборки статуй устраняли неровности верхнего слоя, полировали поверхность, резцом и зубилом отделявали детали: бороду, волосы, складки одежды. Губы делали из красной меди, зубы – из серебра, глаза инкрустировали стеклянной пастой или камнем. Последними наносили цветные штрихи.

На рис.141 для сравнения показаны два рукомытника – один кавказской работы после чеканки (см. рис.141,а) и киевский водолей в литом состоянии (см. рис.141,б) [41].

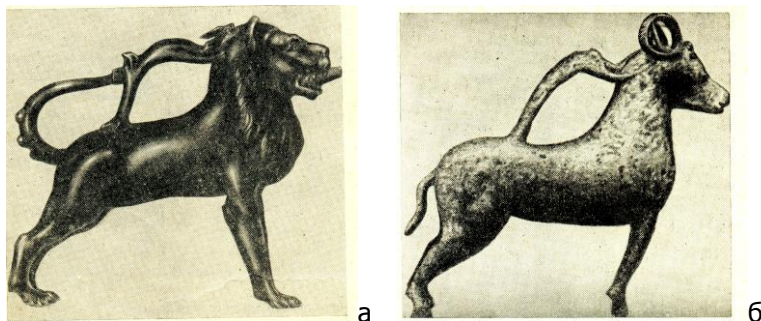


Рис.141. Рукомытники: а – кавказской работы после чеканки; б - киевский рукомытник в литом состоянии, кон. XII в.

Древние мастера не любили патину, покрывающую ныне старинные изделия из бронзы, поэтому свои скульптуры они полировали до теплого золотистого цвета, как бронзовый загар у человека.

10.2. Ранняя технология отливки конных статуй

Полагают, что до XVII-XVIII вв. крупные конные статуи изготавливали только по частям с последующим скреплением (сваркой, пайкой, механической сборкой) в единое целое [57].



История художественного металла

Из античного времени до нас дошла лишь знаменитая греческая четверка лошадей, украшавшая собор Святого Марка в Венеции, рис.142.



а



б

Рис.142. Античные кони (а) на соборе Святого Марка (б)

Считают, эти в свое время позолоченные кони были изготовлены греческим скульптором Лисиппом в IV в. до н.э. для храма в Коринфе, где они простояли довольно длительное время. В 315г. н.э. римский император Константин перевез их в Рим для украшения Триумфальной арки. Затем их в качестве подарка отправили в Константинополь и установили на Ипподроме. Во время IV крестового похода дож Венеции Энрико Дандоло в 1204г. перевез их в Венецию, где они долгое время хранились в



История художественного металла

Арсенале вместе с военными изделиями. В 1360 г. по указанию Сената их установили на фронте церкви Святого Марка, и они стали одной из эмблем республики. Генерал Бонапарт, завоевавший Италию, в 1797 году перевез скульптуры в Париж. После возвращения из Франции с 1815г. эти кони украшали собор Св. Марка, в настоящее время их отправили в музей, а над центральным входом установили точные копии этих знаменитых коней [19, 54, 65].

Эта четверка лошадей отливалась также по частям: голова с шеей, корпус, ноги, хвост, челка, сбруя – всего 10 частей. Схема отливки по частям крупной конной скульптуры показана на рис.143 [57].



Рис. 143. Схема отливки по частям крупной конной скульптуры [54]

Второй античной конной скульптурой, дошедшей до нашего времени, является римская конная статуя императора Марка Аврелия на римском Капитолии, рис.144.



Рис.144. Римский император Марк Аврелий

Статуи языческих богов и императоров после воцарения христианства были сброшены с пьедесталов, некоторые разбиты,



История художественного металла

они были занесены землей, поросли травой. Эта же статуя сохранилась, ибо христиане полагали, что она изображает императора Константина, принявшего христианство.

Первые известные работы эпохи Возрождения – конные статуи «Гаттамелата» в Падуе (1455 г., скульптора Донателло), «Коллеони» в Венеции (1489 г., скульптора А. Верроккьо) и некоторые другие отливали по частям, рис.145.

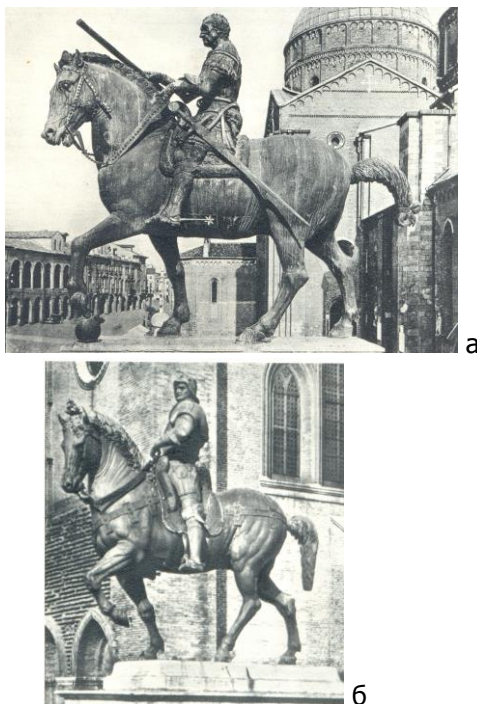


Рис.145. Конные статуи эпохи Возрождения: а – кондотьер «Гаттамелата». Донателло, Падуа; б – кондотьер «Коллеони». А. Верроккьо, Венеция

Конная статуя Леонардо да Винчи. Леонардо в Милане по заказу Людовика Моро приступил к созданию конного монумента его отца Франческо Сфорца. Работа над памятником тянулась с перерывами свыше 10 лет. Около 1490г. Леонардо выполнил глиняную модель конной статуи в натуральную величину и установил ее в одном из дворцов герцогского замка.

Однако отливка памятника, первоначально задержанная из-за технических трудностей, потом не могла быть осуществлена



История художественного металла

из-за неблагоприятных политических событий. В 1499г., во время захвата Милана войсками Людовика XII, модель было повреждена французскими стрелками, которые использовали ее как мишень для своих арбалетов. После 1501 г. сведения о модели в итальянских источниках не встречаются.

Памятник Сфорцу был единственным крупным скульптурным произведением Леонардо и притом получившим единодушно высокую оценку современников.

Новым в памятнике Сфорцу был его огромный масштаб: по своим размерам (высота около 7 или 8 м, масса около 50 т) скульптура Леонардо более чем в полтора раза превышала конные статуи Донателло – «Гаттамелата» - кондотьер в Падуе и Верроккьо – «Коллеони» - кондотьер в Венеции.

Сам Леонардо и его современники называли миланский памятник «великим колоссом»; в этом наименовании, очевидно, нашла отражение его исключительная выразительность в монументальном плане, рис.146.



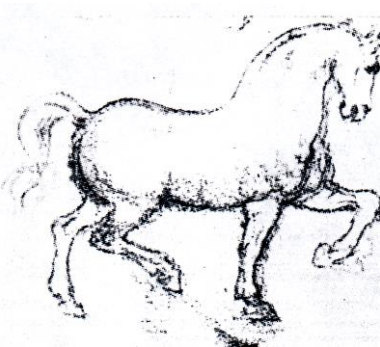
Рис.146. Набросок к статуе Л. Сфорца (Виндзор, Королевская библиотека)

Поразительной смелостью отличался его первоначальный замысел: Леонардо хотел представить всадника на вздыбленном коне, попирающим противника. Поскольку, однако, отливка в бронзе гигантской статуи столь сложного характера представляла непреодолимые трудности, Леонардо должен был отказаться от этого замысла.

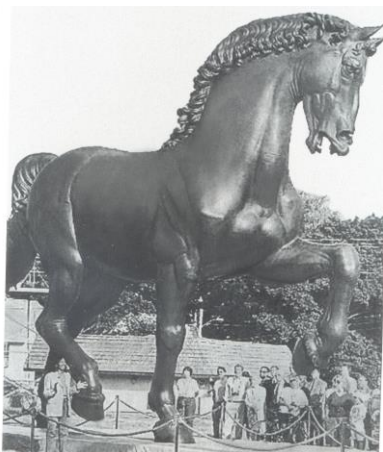


История художественного металла

В настоящее время мы вынуждены судить об этом памятнике главным образом на основании рисунков Леонардо, выполненных на разных стадиях работы над ним. Последующие после первоначального замысла варианты, дают пример более спокойного и гармоничного решения: сильный всадник восседает на торжественно шествующем коне. Можно думать, что предпочтение, которое Леонардо отдал последнему варианту, связано с причинами не только технического, но и творческого порядка, так как на рубеже 80-х и 90-х гг. в его искусстве преобладающими становятся образы более гармоничного склада. В рисунках последнего варианта, в их мягких круглящихся объемах, в плавных линиях, угадывается нечто от действительных качеств модели памятника в ее окончательном виде, рис.147,а [58].



а



б

Рис.147. Рисунок лошади (а) Леонардо да Винчи и современная скульптура коня (б), выполненная по данному рисунку



Творческий поиск Леонардо да Винчи оказал сильное влияние на скульпторов последующих поколений. По всей Европе стали появляться конные статуи со всадниками на вздыбленных конях. В России воплощением такой скульптуры является «Медный всадник».

В 1977 году американский скульптор и коллекционер Чарльз С. Дент решил воспроизвести коня Леонардо и подарить его итальянскому народу. За 16 лет он с друзьями сделал гипсовую модель в натуральную величину. К сожалению, в 1994 г. Дент умер, но созданная им в 1984 г. фирма Leonardo da Vinci Horse Inc. 1 августа передала гипсовую модель фирме Tallix Art Foundry. Предполагалось за два года увеличить модель с 2,44 м до 7,32 м и изготовить бронзовую отливку. [Modern Casting. 1995. №10. P.20]. И вот на рис.147,б мы видим этого коня.

Будем надеяться, что появится заинтересованное лицо или организация, которая воплотит первоначальный замысел Леонардо да Винчи, и мы увидим в всей красе памятник Сфорцу. На рис. 148 приведен памятник Леонардо да Винчи.

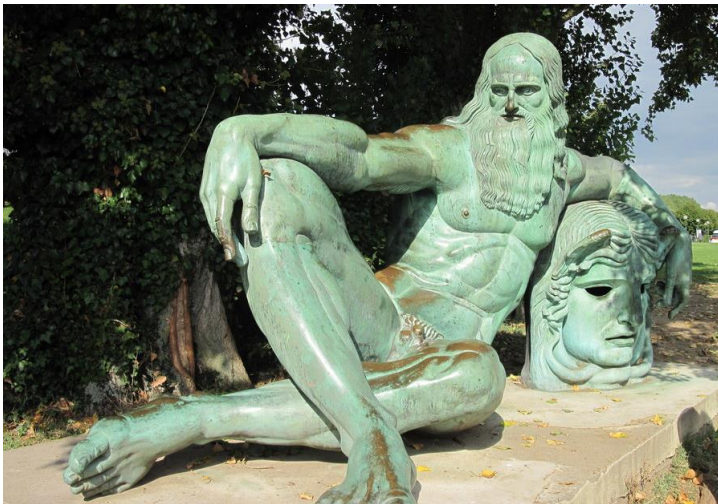


Рис.148. Памятник Леонардо да Винчи в Амбуазе.
[Интернет]

10.3. Технология изготовления цельнолитых статуй

Технологический процесс изготовления цельнолитых статуй



История художественного металла

по Берингуччио, Вазари и Риччио [26] заключается в следующем, рис.149.

1. Изготовление глиняной или гипсовой модели в натуральную величину, по которой изготавливают гипсовые куски формы.

2. Нанесение на внутреннюю часть гипсовой формы слоя воска, соответствующего толщине стенки отливки.

3.

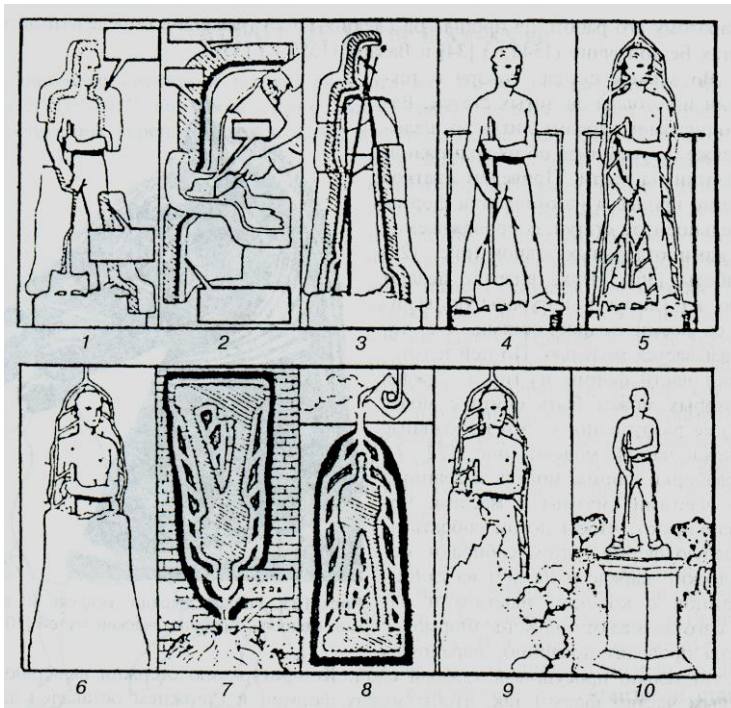


Рис.149. Этапы изготовления цельнолитых статуй по Вазари

4. Послойная формовка стержня.
5. Отделка восковой модели после снятия гипсовых кусков.
6. Изготовление литниковой системы.
7. Послойное изготовление глиняной формы по восковой модели.
8. Выплавление восковой модели из перевернутой глиняной формы.
9. Заливка в подготовленную форму расплавленного металла.



История художественного металла

10. Очистка отливки от формы и литниковой системы; чеканка отливки.

11. Готовая литая статуя на постаменте.

В отечественной технической литературе классическая технология отливки цельнолитых крупных статуй по Mariette приведена в работе [41]. В ней описана технология отливки конной статуи королю Франции Людовику XIV, рис. 150, скульптора Ф. Жирардона и литейного мастера Ж. Б. Келлера в 1698 году. Скульптура имела высоту 6,25 м и массу 26 т.



Рис.150 Статуя Людовика XIV

Монумент стоял на Вандомской площади Парижа и был



История художественного металла

уничтожен во время Великой Французской революции. Сохранилась лишь маленькая копия в Лувре.

Аналогичный конный памятник королю Людовику XV скульптора Э. Бушардона стоял в Париже на самой красивой площади Согласия (1765 г.), рис.151.



Рис. 151. Бушардон Эдм. Памятник Людовику XV. Модель, бронза.

Площадь поначалу носила имя Людовика XV. Подобно другим «королевским» площадям, она была украшена конной статуей монарха, В самом начале Французской революции памятник королю был низвергнут, а площадь Людовика XV переименована в площадь Революции и украшена статуей Свободы.

Процесс восковой формовки применялся в античной Греции, а еще раньше в Египте и Дуречье; из Греции этот процесс перешел в Италию в XIV-XV вв. (поэтому этот метод часто упоминается как «итальянский»), потом был перенесен во



История художественного металла

Францию (XVII в.) и другие страны Европы и распространился в России (XVIII- начало XIX вв.). Процесс производства монументальных художественных отливок по восковой модели требует участия не только мастера-формовщика, но и самого автора скульптурного произведения или квалифицированного скульптора.

Рассмотрим более подробно данную технология.

Изготовление гипсовой модели. Гипсовая (глиняная) модель памятника, изготовленная скульптором, устанавливается на полу литейной мастерской (или литейного цеха) на кирпичном постаменте. Положение статуи тщательно фиксируется, после чего приступают к изготовлению гипсовой формы. Резко выступающие части модели, которые не служат поддержкой основной ее части, каковы, например, в конной статуе Петра I передние ноги лошади, вытянутая рука, формируются отдельно и прикрепляются к главной форме после ее изготовления.

Мастер намечает и расчерчивает на участки поверхность модели с тем, чтобы каждый кусок формы можно было беспрепятственно снять с этого участка модели. Умение мастера заключается в том, чтобы оформление отливки осуществлялось при наименьшем количестве кусков, рис.152,а. Отдельные куски формы делаются путем накладывания на соответствующие места модели (предварительно смазанной специальным жировым веществом) небольшого количества сметанообразного разведенного гипса, которому по затвердевании придают ножом надлежащую форму, а затем, смазав его жировым составом, вплотную к нему накладывают на модель следующий кусок и т.д.

После того как вся модель будет покрыта кусками, несколько смежных кусков (5-6 шт.) покрывают снаружи так называемой гипсовой «раковиной» (кожухом). Наружные края раковины обрезают по внешнему контуру кусков, которые она перекрывает. Вследствие того, что куски могут сниматься с модели лишь каждый в отдельности и в определенном для каждого куса направлении, раковина не может их связывать в одно целое и должна быть отделена от кусков изолирующим слоем.



История художественного металла

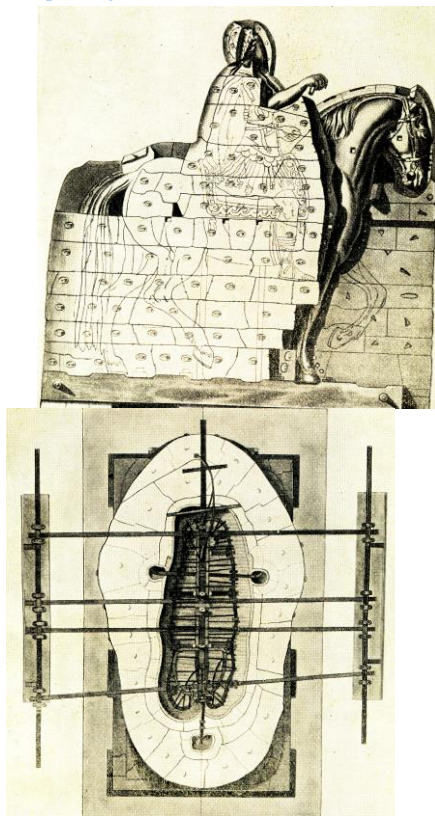


Рис.152. Вертикальный разрез кусковой формы (а) и горизонтальный разрез гипсовой формы с металлическим каркасом для крепления стержня (б)

Таким образом, вся поверхность модели покрывается независимыми друг от друга слоями: внутренним (оболочкой), образующим профиль отливки, и наружным (кожухом), с числом кусков в 5-6 раз меньшим по сравнению с внутренним и как бы играющим роль наполнителя опоки.



История художественного металла

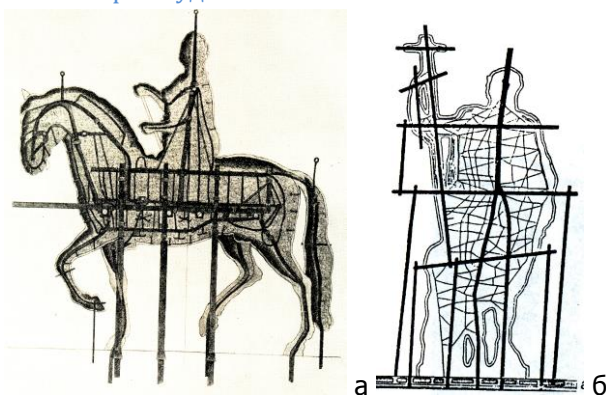


Рис.153. Металлический каркас стержня: а – Людовика XV [41]; б – князя Владимира [26]

Продольно-горизонтальный разрез гипсовой формы при вытянутой модели показан на рис.152,б. Небольшие квадратные сечения (отверстия) в центральной части, а также прямоугольные отверстия в стенках формы служат для закрепления каркаса для стержня.

Изготовление восковой модели. С постамента удаляют гипсовую модель и на ее место устанавливают металлический каркас для стержня, который прочно укрепляют при помощи металлических полос и связей, рис.153.

Большая часть этих связей при заливке вынимается, меньшая часть остается в отливке. Внутреннюю поверхность гипсовой формы предварительно смазывают жировым веществом, покрывают слоем воска, толщина которого соответствует толщине отливки. Воск наносят тонкими слоями один за другим.

Собранную гипсовую форму с установленным внутри каркасом стержня заливают через верхнее отверстие (например, через отверстие в голове) особой стержневой массой, состоящей из гипса и кирпичной крошки, рис.154.



История художественного металла

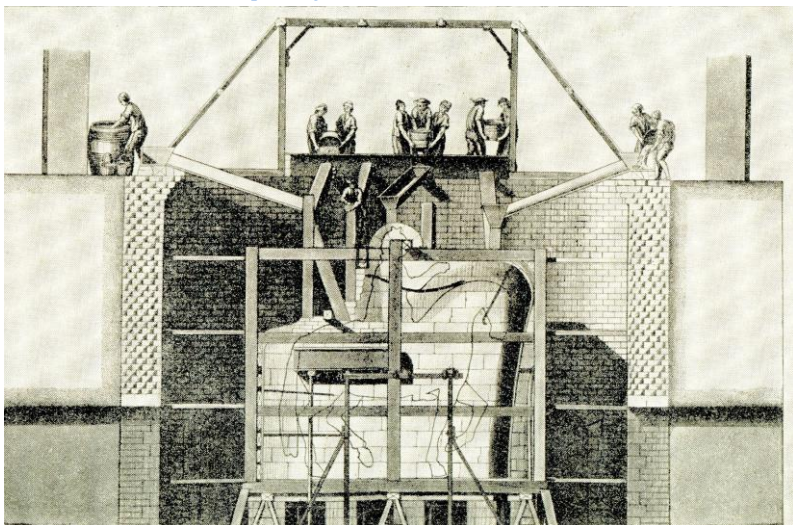
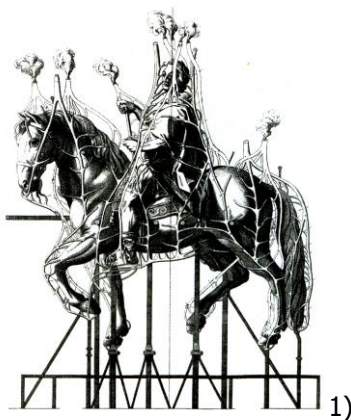


Рис. 154. Заливка в восковую рубашку стержневой массы

Установка литниковой системы. К исправленной и отделанной восковой модели на расстоянии 50-75 мм от нее литейный мастер прикрепляет сеть восковых труб – моделей литников и выпоров, а также каналов для выпуска из формы расплавленного воска, рис.155.





История художественного металла

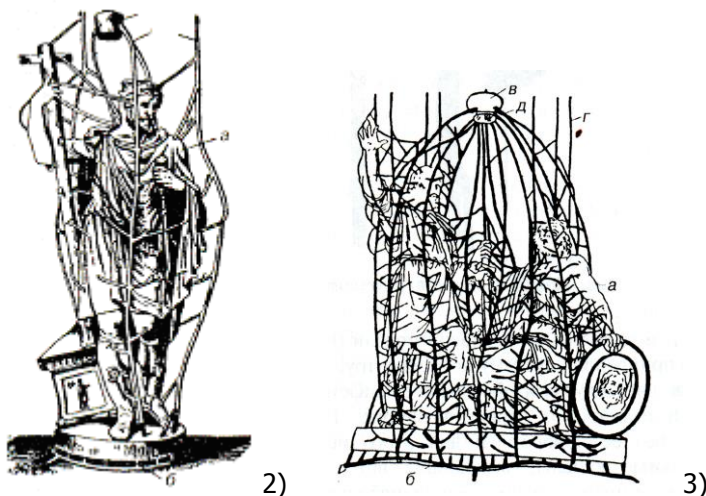


Рис. 155. Литниковые и газоотводящие системы на модели:
 1 - короля Людовика XV; 2 - князя Владимира; 3 – Минина и
 Пожарского: а – восковая модель; б – каналы для удаления воска;
 в – литниковая чаша; г – вентиляционные каналы; д –
 литниковые стояки

Изготовление глиняной формы. После того как литниковая система установлена и укреплена в надлежащих местах, приступают к изготовлению глиняной формы. Формовочную смесь, разведенную до консистенции сметаны, наносят кисточкой отдельными слоями на поверхность восковой модели, причем каждый новый слой наносят на поверхность лишь после того, как достаточно хорошо высохнет предыдущий. Как только толщина слоя достигнет 12-15 мм, вокруг формы начинают делать кладку из кирпича-сырца на глиняном растворе толщиной до 200 мм. После этого приступают к укреплению формы: снаружи на нее надевают поперечные железные обручи, а на них накладывают продольные полосы-скрепы. Поперечные и продольные полосы в местах пересечения связывают проволокой и подмазывают глиной, рис.156, 157.



История художественного металла

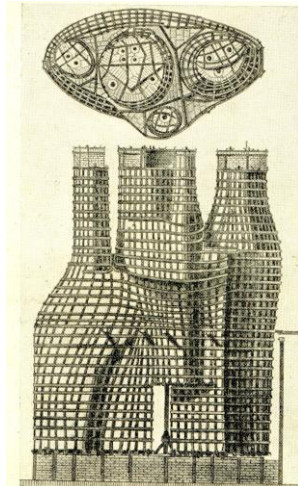


Рис.157. Металлические крепления глиняной формы Людовика XV

Когда основная часть формы собрана и укреплена, к ней прикрепляют заформованные отдельно выступающие части. При этом особое внимание должно быть обращено на точность сборки и пригонку отдельных частей к главной форме.

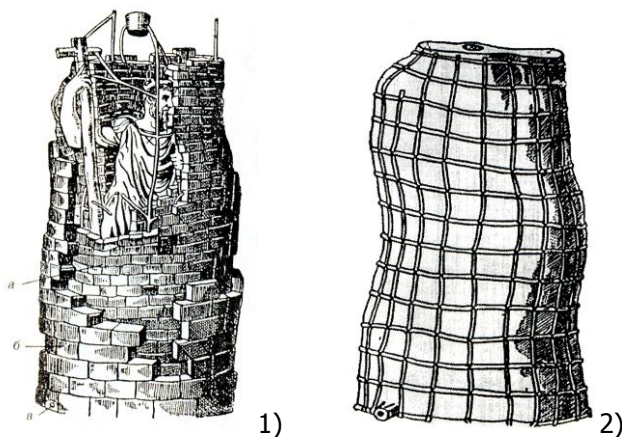


Рис.158. Литейная форма князя Владимира (1) и ее укрепление металлической арматурой (2): а – первый слой мелких кирпичей; б – второй слой крупных кирпичей; в – отверстие для удаления воска



Для увеличения прочности формы вокруг нее делают прочную кирпичную стенку, рис. 159.



Рис.159. Разрез литейной формы Людовика XV с кирпичной кладкой

Выплавка восковой модели и прокаливание формы.

Печь разжигают и приступают к сушке и прокаливанию формы. При сушке формы воск стекает по особым каналам, проделанным в нижней ее части, и собирается в ведра. На 1 кг вытопленного воска берется 12-14 кг бронзы, так определяется количество бронзы, подлежащей расплавлению.

После сушки в течение 1,5-2 суток при температуре 200°C, когда весь воск вытопится, температуру нагрева формы постепенно поднимают до 900-950°C и продолжают вести прокаливание при этой температуре еще 12-18 час. До тех пор, пока пламя, вылетающее из формы, не станет белым, что свидетельствует о том, что все остатки скоксовавшегося воска выгорели и форма готова к заливке.

Заливка формы. К этому времени металл должен быть расплавлен и подогрет до надлежащей степени, после чего заполняют форму расплавленным металлом, рис.160.



История художественного металла

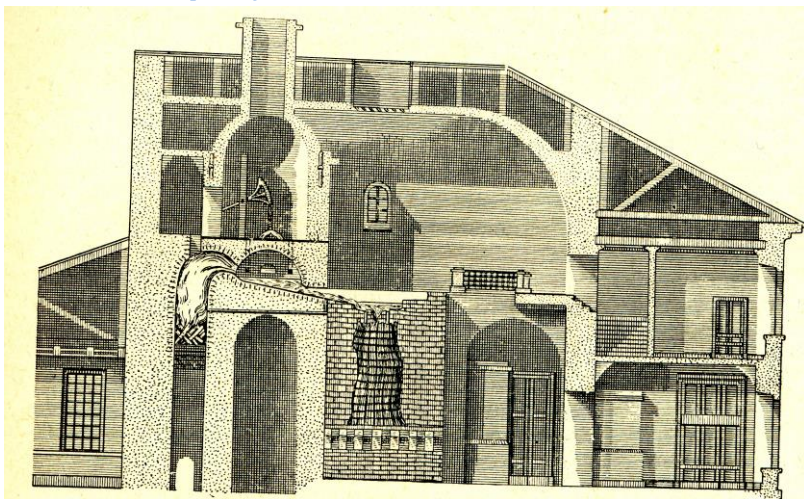


Рис.160. Литейная мастерская Академии Художеств в Санкт-Петербурге во время заливки формы князя Владимира

Отлитый памятник князю Владимиру, установленный в Киеве, показан на рис. 161.



Рис.161. Памятник князю Владимиру в Киеве

10.4. Кусковая формовка с глиняной рубашкой

Порядок работ при этом способе ничем не отличается от изготовления формы по приведенному выше в



История художественного металла

гипсовых кусках. Вся поверхность модели так же расчерчивается мастером и намечаются границы отдельных кусков. После чего приступают к их лепке из тонкой и тощей формовочной глины. Последнюю наносят на модель толщиной 40-50 мм, уплотняя ее руками. Закончив лепку первого куска и обрезав его согласно намеченному контуру, формовщик снимает кусок с модели, отделяет его, подсушивает над жаровней, после чего, припылив кусок лycopодием, ставит кусок на место. Таким же образом готовятся и остальные куски. Затем несколько соседних кусков (5-6) припыливают лycopодием и покрывают слоем жирной глины, образующей кожух-раковину; последняя, как и в гипсовой форме, не связывает куски в одно целое, а служит для них скреплением. Когда изготовление раковины закончится, ее снимают и подсушивают. Для того чтобы сделать раковину прочнее, на наружную поверхность ее наносят кистью слой за слоем гипс (в виде жидкого теста), пока не образуется слой толщиной 50-70мм. После окончания указанных работ по изготовлению раковин мы будем иметь модель, покрытую оболочкой, состоящей из двух частей: внутренней, непосредственно примыкающей к модели, и наружной, играющей роль опоки. Раковины снимают одна за другой, и в них прорезают литниковые и вентиляционные каналы. Затем с модели удаляют отдельные куски формы, которые укладываются в соответствующих местах раковин и прочно прикрепляются к ним при помощи шпилек; поверхность формы исправляют и отделяют.

После этого убирают гипсовую модель. На кирпичный постамент устанавливают железный каркас, имеющий уменьшенные очертания статуи. Вокруг каркаса собирают форму из кусков и на внутреннюю поверхность наносят глиняную рубашку из жирной глины толщиной, равной толщине тела отливки. Сверху куски скрепляют кожухом. Форму подсушивают горячим воздухом, отдельные раковины связывают друг с другом проволокой. Внутреннюю полость формы между рубашкой и каркасом заливают стержневой массой, состоящей из смеси гипса с мелко истолченным, просеянным огнеупорным кирпичом, разведенной водой до тестообразной консистенции. Через 3-4 часа, когда стержневая масса затвердеет, форму разбирают, стержень просушивают, исправляют и отделяют. Одновременно с этим из разобранных частей формы удаляют глиняную рубашку, после чего их еще раз просушивают, исправляют и собирают вокруг отделанного стержня, производят



История художественного металла

заливку формы [63].

Кусковой способ формовки проще и дешевле так называемого «итальянского» способа с восковой моделью, но имеет ряд крупных недостатков:

1. Глиняный отпечаток с гипсовой модели на кусках не может быть в такой степени точным и отчетливым, как с восковой модели, так как последняя наиболее совершенно передает замысел художника, глиняная форма не может быть изменена сколько-нибудь значительно.

2. При отсутствии восковой модели форма состоит из большого количества отдельных кусков, между которыми могут образовываться заливки, вследствие этого в значительной степени увеличиваются работы по очистке и чеканке статуи.

3. Возможные сдвиги отдельных кусков (при сборке формы) и производство работ по очистке заливок могут испортить общие очертания и поверхность отливки.