



Я МАСТЕР

КОВКА



А. Г. Навроцкий

Александр Георгиевич Навроцкий

Ковка

Серия «Я мастер»

Издательский текст

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=6884142

Ковка: АСТ: Кладезь; М.; 2014

ISBN 978-5-17-081801-3

Аннотация

Единственное полное руководство по художественным изделиям методом ковки от признанного мастера работ с металлами Александра Георгиевича Навроцкого.

Книга предназначена для студентов, обучающихся по специальности «Технология художественной обработки материалов», и тех, кто желает порадовать себя и своих близких красивыми изделиями из металла, изготовленными самостоятельно.

Содержание

Предисловие	5
Введение	8
Глава 1	61
Конец ознакомительного фрагмента.	100

Александр Георгиевич Навроцкий Ковка

© ООО «Издательство АСТ»

Все права защищены. Никакая часть электронной версии этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети Интернет и в корпоративных сетях, для частного и публичного использования без письменного разрешения владельца авторских прав.

Предисловие

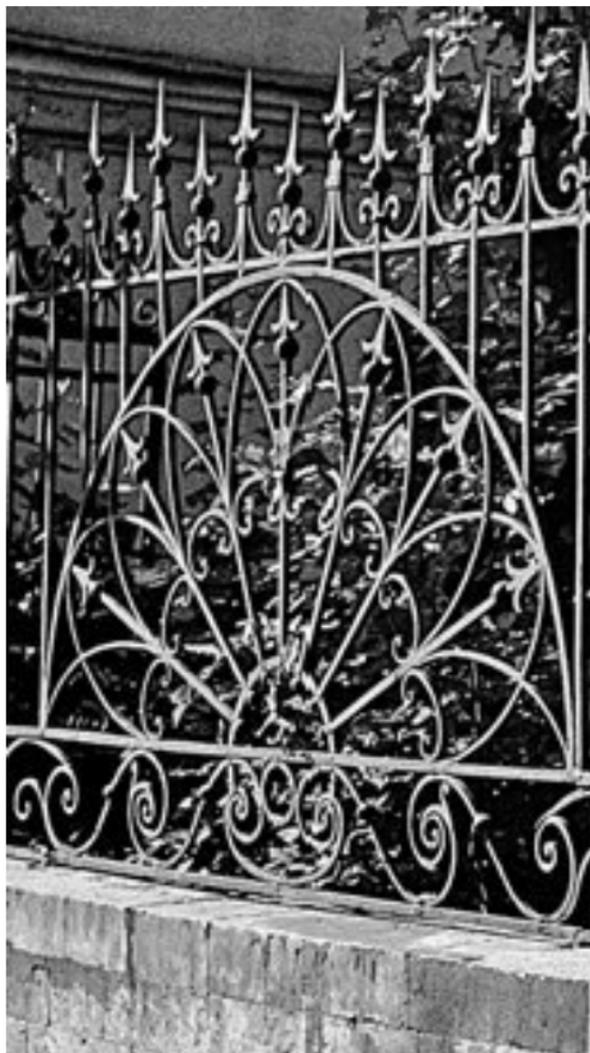
Книга предназначена для широкого круга читателей, которых интересует самостоятельное изготовление художественных изделий методамиковки, для студентов, обучающихся по специальности «Технология художественной обработки материалов», а также для тех, кто желает заняться индивидуальной трудовой деятельностью в области пластики малых форм из металлов и сплавов.

Авторы обобщили отечественный и зарубежный опыт изготовления на простейшем оборудовании художественных изделий из черных и цветных металлов. Приведена история возникновения и развития технологий изготовления художественных изделий из металлов и сплавов. Даются основные сведения о черных и цветных металлах, нагревательных устройствах, инструменте и оборудовании. Большое внимание уделено технологическому циклу изготовления художественных изделий, их сборке и окончательной обработке.



Введение
Зарождение и становление
кузнечного дела







В представлении современного читателя ковка – это обычно изготовление подков для лошадей. Но мало кто знает, что древние кузнецы были творцами таких жизненно

важных хозяйственных и военных изделий, которые не только служили человечеству многие сотни лет без существенных изменений, но и способствовали развитию общества. Так, например, многие изделия, пришедшие к нам из каменного века (нож, скребок, пила, шило, топор, молоток и т. п.) и воплощенные позже кузнецами в металле, продолжают служить человечеству и в настоящее время. А такое изделие, как лошадиная подкова, появившаяся в Европе в начале VIII в., было по значимости приравнено историками к изобретению паровоза, так как подкованная лошадь могла работать с увеличенной тягловой силой на любых почвах, не ломая и не изнашивая копыта. Освоение железа повлекло за собой большие изменения в культурной и хозяйственной жизни всех народов; например, кованный сельскохозяйственный инструментарий – вилы, тяпки, лопаты, грабли, косы, серпы, сошники, бороны, плуги с железным лемехом и т. д. – поднял сельское хозяйство на новый технический уровень и существенно повысил продуктивность земледелия. Племена и народы, которые раньше других осваивали секретыковки, получали большие преимущества во всех видах деятельности. Ковка доспехов и оружия в районах, где добывалась железная руда и имелся древесный или каменный уголь, значительно повышала боеспособность, что позволяло расширять территорию и создавать сильные государства.

Кузнечное дело – самое древнее ремесло, связанное с обработкой металла. Впервые человек начал ковать самород-

ные и метеоритные металлы еще в каменном веке. Ряд музеев мира, а также Институт истории материальной культуры РАН имеют в своих фондах кузнечные инструменты тех далеких времен: небольшие круглые камни – молоты и овальные плоские массивные камни – наковальни. При микроскопическом исследовании поверхностей этих инструментов были обнаружены следы самородного металла. На рельефах древних египетских храмов можно видеть кузнецов, работающих каменными молотками (фото 1.0.1 см. вкл.). Однако точное время зарождения кузнечного мастерства на планете указать невозможно.

Задолго до новой эры люди начали изготавливать изделия из самородной меди, серебра и золота, обладающих высокой пластичностью. На территории бывшего СССР самородная медь в те далекие времена была известна в районах современного Казахстана, на Урале, Кавказе, Алтае и в некоторых районах Якутии. В этих местах и обнаружены археологами остатки первых орудий, выкованных из меди. Относительно недавно археологи обнаружили древнейшую мастерскую каменного века по обработке самородной меди в Карелии. Древние кузнецы, используя каменные молоты и наковальни, свыше 5 тыс. лет назад ковали из меди изделия для рыбной ловли и быта: рыболовные крючки, ножи, шильца и другие мелкие предметы. В районе Молдавии и Правобережной Украины по берегам рек Днепра, Днестра и Прута находится один из древнейших очагов обработки меди эпохи раз-

витой трипольской культуры (IV–III тысячелетия до н. э.). В этот период мастера уже применяли упрочняющий наклеп рабочих поверхностей медных орудий, что значительно повышало их твердость. Это позволило постепенно вытеснить каменные орудия. Указанный период характеризуется разнообразием кованных, литых и комбинированных изделий, таких как кузнечные зубила, ножи, боевые топоры, черешковые наконечники стрел, браслеты, пряжки и т. п.

В начале III тысячелетия до н. э. племена, жившие на территории Армении, на Кавказе, уже получали кричное железо из руд путем прямого восстановления. В качестве руд они использовали легкодоступные залежи бурого железняка, называемого озерной или болотной рудой. Хетты не только изготавливали из железа оружие и предметы быта для себя, но и торговали ими с Египтом и странами Среднего Востока. В начале I тысячелетия до н. э. изделия из железа начинают изготавливать жители Закавказья к северу от Армянского нагорья, в VIII в. до н. э. кузнечное производство изделий из железа уже широко развивается в районе современной Керчи (древнерусское название Корчев, вероятно от «корчий», «керчий» или «корчин» – кузнец. – *Прим. авт.*). Богатые железные руды, служившие кузнецам сырьем для получения железа, в районе Керчи залегали практически на поверхности земли. В эти времена кузнечное мастерство достигало уже высокого уровня. В кузницах горн оснащался двухкамерными воздуходувными мехами, в центре располагалась

большая железная или бронзовая наковальня. Кузнецы применяли при работе тяжелые молоты, клещи, зубила и топоры для рубки металла, а для зажима изделий – тиски.

Начиная с VII в. до н. э. центром металлообработки становится Скифия, ремесленным центром которой было Каменское городище. Археологами обнаружены там жилища ремесленников, их мастерские с инструментами и приспособлениями: льячки для литья цветных металлов, кузнечные инструменты и изделия. Добыча железной руды, как было установлено, производилась на территории современного Криворожского бассейна, отстоящего от Каменского городища на 60 км. Наряду с литьем и ковкой у скифов было широко налажено изготовление золотых и серебряных украшений и всевозможной утвари при помощи чеканки, штамповки и литья по выплавляемым моделям. Интересно отметить, что образцы скифского ювелирного производства были хорошо известны в греческих колониях. Следует сказать, что кузнецы Скифии широко применяли кузнечную сварку для увеличения размеров заготовки, соединения разнородных металлов для улучшения качества лезвий режущих и рубящих орудий. Они изготавливали ножи, у которых между двумя более мягкими пластинами заковывалась пластина из более твердой стали, в результате чего получались ножи с самозатачивающимся лезвием. Скифские кузнецы умели ковать и дамасские стали, в которых перемешивались слои железа и высокоуглеродистой стали, что создавало на боковой

поверхности изделия узор из темных и светлых полос.

В I тысячелетии до н. э. вдоль Верхнего Днепра и Припяти, Оки и Верхней Волги расселились славянские и финно-угорские племена (в Среднем Поволжье – предки мордовских племен, в Приуральских районах – предки коми, удмуртов, мери, остяков и манси), которые владели секретами получения кричного железа, не зная изготовления медно-бронзовых изделий. А в Приуралье и Сибири железодельное производство развивалось одновременно с медно-бронзовым. В первых веках новой эры изделия из железа начали применять северные племена, жившие в средних течениях рек Лены и Енисея, а также жители Алтая.

Кузнечное дело на Руси. К концу IX в. объединяются славянские племена и возникает Древнерусское государство. Образуются крупные военные и торгово-ремесленные центры, такие как Киев, Новгород Великий, Смоленск, Полоцк и др. В этих городах создаются центры по производству посуды и различных хозяйственных предметов из серебра и золота, внедряется специализация кузнецов-оружейников. В связи с ростом градостроительства развивается ремесло кузнецов-церковников, занимающихся изготовлением соборных оград, оконных решеток, наверший и других изделий. Перед русскими ремесленниками открывались широкие возможности, крепились связи с внешними рынками и ширилось участие ремесленников в хозяйственных делах города. Городские мастера обладали высокой техникой, смело

улучшали западноевропейские образцы оружия и создавали свои высокохудожественные изделия. В этот период наблюдается постоянное совершенствование средств производства и приспособление мастерских к массовому выпуску продукции. Широко внедряются штамповка и пооперационное производство, завершается разделение кузнецов на оружейников, златокузнецов, чеканщиков, гравировщиков и ювелиров. В этот период в Киеве уже существовало свыше 60 кузнечных специальностей.

Однако большинство кузнецов ковали оружие и кольчуги. Кольчуга была обязательной принадлежностью защитных доспехов дружинников, она не стесняла в бою движения и предохраняла практически от всех видов оружия. Создание кольчуги было делом кропотливым и трудоемким, ведь для плетения требовалось отковать более 40 тыс. колечек, а затем склепать их специальными «гвоздиками». Уже в то время при изготовлении кольчуги использовалась поточная технология: вначале отковывали проволоку, затем навивали на стержень и рубили на отдельные кольца. Концы каждого кольца расплющивали и в этих площадках пробивали отверстия. Затем из тонкой проволочки (0,8 мм) высаживали заклепки – «гвоздики» и после этого начинали сборку или «плетение» кольчуги. На всю работу уходило свыше трех месяцев ежедневного кропотливого труда. Существовало три способа изготовления колец: из кованой проволоки, из холоднотянутой (волоченной) проволоки и путем высечки

целых колец из листа. Собирались кольчуги по различным технологиям. Кольца не только склепывались, но и сваривались кузнечной сваркой. Для большей нарядности в кольчуги вплетали кольца из цветных металлов: меди, золота, серебра, образуя различные орнаменты. Киевские дружинники имели как длиннополые кольчуги с оголовьем, личиной, наручами, так и короткие кольчуги, которые прикрывали только верхнюю часть туловища воина. Для защиты головы дружинники носили шлемы. По технологии изготовления шлемы разделялись на цельнокованные и составные. Первые выковывались из одного куска металла и имели наибольшую прочность при наименьшей массе. Менее трудоемким было изготовление шлемов, клепанных из двух или четырех кованых частей, которые собирались в единое целое с помощью полос и заклепок, а нижний край тульи стягивался обручем. Места соединения пластин прикрывались декоративными накладками. Для защиты лица к шлему приклепывался наносник с глазными вырезами, а иногда кольчужное забрало или личина, которая ковалась индивидуально для каждого воина. Для защиты шеи и частично плеч к нижнему краю шлема крепилась бармица. Шлемы для князей украшались золотыми и серебряными накладками, их поверхность гравировалась и декорировалась драгоценными камнями.

Большое внимание кузнецы уделяли изготовлению боевого и наградного оружия: мечей, топоров, пик и т. п. Мастера-оружейники в совершенстве владели секретами изготов-

ления мечей из высокоуглеродистых сталей типа булата или русского булата – харалуга. В связи с этим необходимо сказать несколько слов о булате, так как этот сплав железа с углеродом, обладающий уникальными свойствами, до настоящего времени до конца не исследован, о нем пишут научные статьи и монографии. Впервые в России с научной точки зрения начал изучение булатных сталей Павел Петрович Аносов (1799–1851), выдающийся ученый-инженер и горнозаводчик. Он говорил, что «под словом „булат“ каждый россиянин привык понимать металл более твердый и острый, нежели обыкновенная сталь». Родиной булата считается Индия, в которой «варились» лучшие сорта вутцев – заготовок из литой стали в виде лепешек диаметром примерно 13 см и толщиной около 1 см. Масса такой лепешки составляла чуть больше килограмма. Следовательно, для изготовления меча массой 1,5–2,5 кг требовалось 2–2,5 вутца. Еще одним древним центром производства вутцев считается страна Пулуади, которая располагалась на территориях современных Турции, Ирана, Армении и Грузии. Отсюда пошло, как отмечает советский историк академик Г.А. Меликишвили, название вутца «пулат», которое в дальнейшем получило русское звучание – «булат». Как установил П.П. Аносов в результате длительных научных и экспериментальных исследований, булат – это высокоуглеродистая сталь, содержащая более 2 % углерода и минимальное количество вредных примесей и неметаллических включений. Сталь варится при вы-

сокой температуре в тиглях без доступа воздуха и охлаждается вместе с печью. Отличительная особенность булатных слитков в том, что на отполированном срезе имеется своеобразный волнистый узор, проявляющийся при слабом травлении. Однако для изготовления булатного клинка мало получить слиток, необходимо его отковать по специальной технологии, произвести термообработку и окончательную отделку. Тайны этих операций продолжают раскрывать и в наши дни. Недавно вышла книга замечательного мастера по булатным и дамасским сталям Леонида Архангельского «Секреты булата» (М.: Металлургия, 2007), в которой он раскрыл многие тайны получения булатных изделий. Очень большую работу по совершенствованию отечественных булатных сталей проводит известный инженер-металлург Игорь Толстой, который создал участок для производства небольших по объему булатных слитков и изготовления из них высококачественных заготовок для клинков.

Производство клинка из сварного булата – дамаска представляет собой длительный и трудоемкий процесс: заготовку вытягивают в полосу, затем ее складывают, сваривают кузнечной сваркой и опять проковывают. Этот «слоеный пирог» разрубает на продольные части, которые сплетают или скручивают и опять сваривают кузнечной сваркой, тщательно проковывая. При этом ковка ведется специальными молотками и удары наносятся под различными углами к продольной оси изделия. Для изготовления мечей, сабель и кин-

жалов из дамаска знаменитый суздальский кузнец В.И. Басов (1938–2007) использовал заготовки, состоящие примерно из 700 и более тысячи слоев. В результате таких сложных приемовковки появляются знаменитые «булатные узоры»: полосатый, струйчатый, волнистый, сетчатый, коленчатый и др. При этом следует отметить, что узоры значительно светлее фона (грунта), который бывает серым, бурым или черным. Чем темнее грунт и чем выпуклее и светлее узор, тем выше ценится клинок, а качествоковки определяется чистым и долгим звуком. Термообработка клинкового изделия состоит в закалке и последующем отпуске. Это очень ответственная операция, так как от нее зависят твердость, упругость и гибкость клинков. Каждый мастер имел свои секреты: дамасские оружейники послековки вывешивали клинки, раскаленные докрасна, на сильный ветер; кавказские – передавали раскаленный клинок всаднику, который скакал без остановки до его полного охлаждения. Многие мастера закаливали свои изделия в ключевой или минеральной воде, в росе, в мокром холсте, в сале, известны и такие варварские способы закалки клинков: раскаленный клинок вонзали в тело свиньи, барана или даже молодого сильного раба. П.П. Аносов закаливал образцы в сале (масле) или в воде, а нагрев под закалку и отпуск осуществлял в ваннах с расплавленным свинцом. Отпуск изделий – также очень важная операция термообработки. Необходимо в зависимости от химического состава стали подобрать температуру отпуска и сре-

ду охлаждения. Мастера-оружейники определяли температуру клинка по цветам побежалости, а в качестве охлаждающей среды использовали воду, масло или воздух. Послековки клинки обрабатывали на точильных камнях, затем шлифовали и полировали. Шлифование проводилось вначале на крупнозернистых шлифовальных камнях, затем на мелкозернистых. Более тонкая шлифовка осуществлялась различными порошками с использованием тканей и дерева. Окончательно полировали мелкими порошками и пастами. Процесс шлифования и полирования булатных клинков продолжался с утра до ночи, месяц за месяцем. Вот таким титаническим трудом создавались булатные и дамасские мечи, сабли и клинки. Все эти уникальные изделия получали еще и высокохудожественную отделку лезвия, рукоятки, ножен. Эта работа производилась специальными мастерами-художниками и также длилась годами. В 2010 г. вышла уникальная книга тульского кузнеца-оружейника Олега Семенова «Авторское оружие, создание образа, отделка» (М.: Аделант), в которой он на высоком научно-техническом и художественном уровне раскрыл все секреты отделки клинкового оружия. В Дамаске до конца XIV в. ковалось лучшее оружие в мире из индийских вутцев и из дамаска. В XV в. Дамаск был захвачен армией Тимура и полностью разрушен. Все ремесленники, в числе которых много кузнецов-оружейников, были вывезены в Самарканд и другие города Средней Азии. В это время начинается производство булата в городах Средней Азии,

на Кавказе, в Турции, Иране. «Русский булат» – харалуг – сталь (типа дамасской), которая ковалась из кричного железа. Технология изготовления оружия из многослойной сварной стали была хорошо известна славянским народам уже в VI в. Харалужное оружие (мечи, копья) и доспехи часто упоминаются в древнерусской литературе. Так, в «Слове о полку Игореве» несколько раз говорится о харалужных мечах, копьях, цепях, кольчугах и даже сердцах: «Ваю храбрая сердца в жестоцем харалузе скована, а в буюести закалена».

В период могущества Киевской Руси строятся величественные Софийские соборы в Киеве, Новгороде, Полоцке. Кузнецы принимают активное участие в строительстве. Куются мощные связи – «тяжи» и пояса для скрепления стен, сводов и арок. Окна закрываются решетками с красивыми рисунками, собираются из металлических «досок» парадные двери и ворота. Отковывается обрешетка (журавцы) для куполов и шатровых крыш, и как завершающее звено собираются и устанавливаются на навершиях куполов восьмиконечные кресты. Высокого мастерства достигают и златокузнецы, изготавливающие высокохудожественные кубки и вазы, миски и братины, блюда и чарки. Изделия украшаются просечной резьбой, гравировкой, драгоценными камнями и рельефной чеканкой.

В начале XIII в. на территории Руси происходили многочисленные распри, которые несли смерть и разрушения. Многие строители и ремесленники были убиты на полях

сражений и взяты в плен. Однако уже со второй половины XIV в. страна постепенно возрождается, в том числе восстанавливаются ремесла – дети и внуки кузнецов начинают ковать лемеха и мотыги, косы и оружие. В 1380 г. князь Дмитрий Донской, собрав хорошо вооруженное войско, дал бой на Куликовом поле. Кузнецы во многом способствовали победе: они одели русского воина в надежные защитные доспехи – кольчуги и шлемы; хорошо вооружили отличными мечами, топорами, копьями, луками, стрелами. В последующие годы продолжается объединение русских земель в единое государство, появляются новые города, развиваются товарно-денежные отношения, растет численность ремесленников, закладываются основы промышленности. Однако кузнечное дело начало превращаться в могущественное ремесло только после того, как человечество научилось добывать железо из руд и поднимать температуру кофра или печи выше 1000 °С. В XV в. определились районы железодельных промыслов в Подмоскowie, в районах Тулы, Серпухова и Каширы, в Замосковном крае у Белоозера и Пошехонья, Ярославля, Галича и Костромы, в Новгородском крае у Бежицы и Осташкова, в Устюженском крае, в Карелии в городе Олонце, в Приморье у Яренска и в Заонежье на так называемых Лопских погостах. В этот же период начинается специализация кузнецов по регионам. Так, устюженские кузнецы ковали пушки, пищали, ядра, в большом количестве изготавливали «оружие» против конницы – «подметные рогульки». В районе Белоозе-

ра крестьяне самостоятельно варили железо и ковали из него гвозди и скобы для судов; в Вологде ковали топоры, ножи, косы, гвозди; в Костроме – безмены; в Твери – иглы, крючки, сапожные и обойные гвозди. В XVI в. продолжает расширяться железоделательная промышленность, открываются новые рудные залежи около Каширы, где глыбовая железная руда выходила на поверхность, Великого Устюга и Тулы, а также у поморских карел. На реке Лахоме в районе Вычегды строится «железцовая мельница» с водяным колесом, приводившим в действие «самоков», а «Соловецкий летописец» говорит о существовании железоделательного производства и на землях Соловецкого монастыря.

В XVII в. железное производство из крестьянско-кустарного становится промышленным. В 1631 г. начинает работать первый уральский завод на реке Нице. В Олонецком крае на заводах Устьрецьком и Кедрозерском ковали пушки и ядра, а также выплавляли железо для продажи. В 1640 г. на реке Камгорке (недалеко от Соликамска) был построен первый в России медеплавильный завод.

Постепенно центр железоделательного производства с «водяными» (имевшими привод от водяного колеса) молотами перемещается в Тулу, где в 1656–1637 гг. был построен первый доменный завод Московского государства. В конце XVII в. богатый и предприимчивый кузнец Никита Демидович Антуфьев (Демидов; 1662–1725) организовал в Туле первую железоделательную мануфактуру, для чего устро-

ил 400-метровую плотину при впадении реки Тулицы в Упу, построил две высокие домны и пустил две молотовые фабрики, на которых с помощью «водяных» молотов ковались железные заготовки (рис. 1.0.1). В это же время на тульских заводах появляются токарные и сверлильные станки, работающие от «водяного» привода. XVIII столетие становится веком широкого развития металлургической и кузнечной промышленности, Тула по указанию Петра I (1672–1725) превращается во всероссийскую кузницу оружейных кадров. В память об этом в городе установлена скульптура Петра I. Высококвалифицированные кадры тульских кузнецов-оружейников направляются в Устюжну-Железнопольскую, а в 1704 г. 170 мастеров – на крупный завод в Олонецком крае. Тульские кузнецы-оружейники также составили основной костяк квалифицированных рабочих и на Липецком оружейном заводе, основанном в 1702 г.

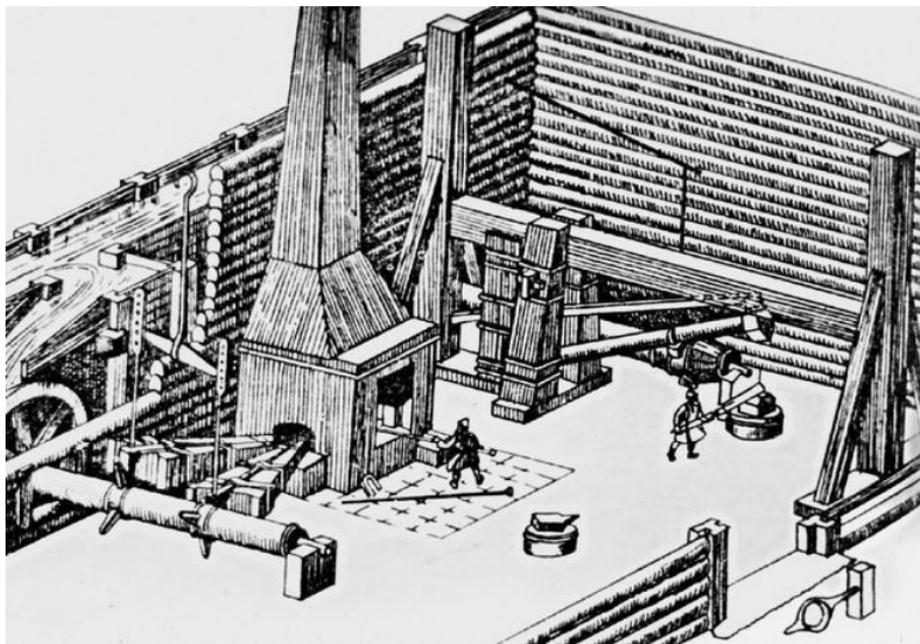


Рис. 1.0.1. *Молотовая фабрика XVII в.*

Выбрав Воронеж местом размещения верфей и металлургических заводов, Петр I не жалел ни сил, ни средств для ускорения строительства кораблей. Он придавал огромное значение развитию металлургии как в центре России – в районах Тулы, Каширы, так и в южных областях, которые непосредственно примыкали к Воронежу, а также и на Урале. В короткий срок на юге Русского государства, в районе Липецка, возникают железоделательные заводы: Боринский (1693 г.), Липецкие – Верхний и Нижний (1700–1712 гг.),

Кузьминский (1706 г.) и позже Новопетровский (1758 г.). Этому способствовали залежи железной руды, огромные лесные массивы, удовлетворяющие потребность в топливе, обильные запасы водной энергии. Реки, перехваченные плотинами, становились источником дешевой энергии, на которой работали железные заводы, использующие привод от водяного колеса. В ознаменование деятельности Петра I по созданию железных заводов в Липецке был воздвигнут в 1839 г. обелиск, в постамент которого вмонтирована чугунная плита с барельефом «Кующий Вулкан».

По мере развития металлургического производства выявляется потребность в повышении качества получаемого железа, и Петр I в 1722 г. издает указ, в соответствии с которым все выпускаемое железо следует проверять и клеймить специальными клеймами. Несколько позднее (в 1731 г.) издается правительственный указ о клеймении сибирского казенного железа: «Сибирское казенное железо клеймить четьрьмя клеймами, а именно: 1) – имя того мастера, кто делал железо, 2) на котором заводе железо делано, 3) Российский герб, 4) имя браковщико́во...» В результате петровских преобразований в России уже в 1736 г. на 21 новом металлургическом заводе насчитывались 101 доменная печь и более 470 кричных рычажных молотов, а в 1760-х гг. – уже свыше 120 металлургических и железоделательных заводов, производивших около 82 000 т чугуна и 49 000 т железа в год. В это время Россия занимает первое место в мире по произ-

водству чугуна и железа. Русское железо «Старый соболь» очень высоко ценилось на мировом рынке.

По мере развития тяжелой промышленности, судостроения и артиллерии существующее оборудование в конце XVIII в. уже не удовлетворяло технологические потребности. Необходимы были более мощные кузнечные машины с новыми видами привода и новые технологии. К этому времени великим изобретателем-самоучкой Иваном Ивановичем Ползуновым (1728–1766) уже была создана первая в мире «огнедействующая машина для заводских нужд», которую он рассматривал как «новый двигатель для всеобщего применения». В начале 1766 г. первая двухцилиндровая паровая машина Ползунова была испытана и показала «исправное машинное действие». Используя принцип действия машины И. Ползунова, английский инженер Д. Уатт (1736–1819) в 1784 г. получил патент на первый в мире паровой молот. Однако внедрение паровых молотов в промышленность связано с именем другого английского изобретателя машин и промышленника Джеймса Несмита (1808–1890), который в 1842 г. построил паровой молот с массой падающих частей 3 т. Вскоре его молоты стали применяться и на русских заводах: два паровых молота в 1848 г. начали работать на Екатеринбургской механической фабрике и Воткинском судостроительном заводе. Развитие молотового оборудования шло по пути увеличения массы падающих частей, что позволяло изготавливать крупные поковки для судостроения, ар-

тиллерии и различных заводских машин. В середине XIX в. на Обуховском и Пермском заводах были установлены самые мощные в мире молоты с массой падающих частей до 50 т (рис. 1.0.2). Модель такого молота экспонировалась в 1873 г. на Всемирной выставке в Вене.

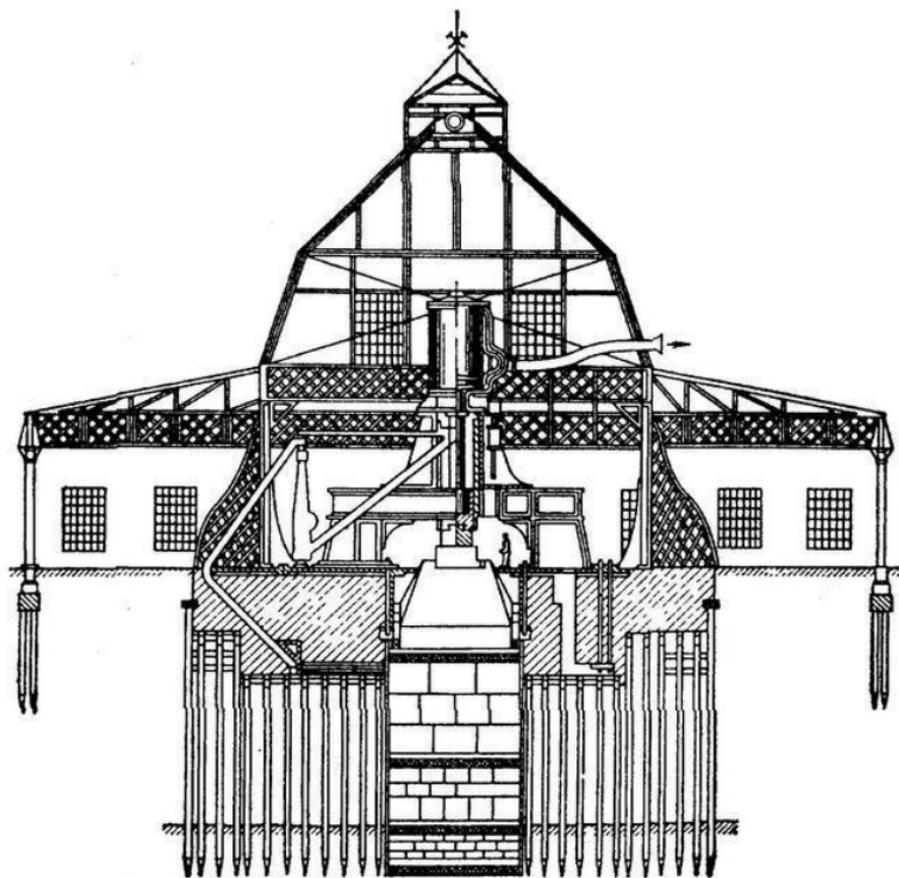


Рис. 1.0.2. *«Царь-молот» Мотовилихинского завода в Перми.*

Где ковали якоря. Ковка якорей – наиболее сложный и ответственный вид работ, так как от прочности и надежности якоря зависела судьба корабля. Известно, что первый железный двурогий якорь был изобретен и откован скифом Анахарсисом в VII в. до н. э. из металла, полученного из керченской руды. До конца XVII в. якоря ковались вручную, а затем при помощи «водяных» молотов на якорных фабриках. Якорными мастерами славились Ярославль, Вологда, Казань, Городец, Воронеж, Лодейное Поле, а также многие города Урала. Известно, что якорные мастера Ярославля и Вологды отковали около 100 «больших двоерогих якорей» для судов морской флотилии, построенной по приказу Бориса Годунова.

Стремительное развертывание русского кораблестроения при Петре I повлекло за собой быстрое развитие металлургии и кузнечного дела. Якоря для кораблей ковали кузнецы, собранные со всех концов России. Особым указом Петр I запретил им ковать какие-либо изделия, не относящиеся к флоту, и обязал монастыри оплачивать их работу. Поставлять якоря должны были и кузнецы первых русских заводчиков – Демидова, Бутената, Нарышкина, Борина, Аристова и др. Позже в Новгородской и Тамбовской губерниях были учреждены «казенные железные заводы». Для первых фре-

гатов петровского флота, которые строились в 1702 г. на реках Свири и Паше, якоря ковали в Олонце, но в 1718 г. часть якорных кузниц из Олонца перевели в Ладогу, а оттуда в 1724 г. в Сестрорецк. В последние годы царствования Петра I на нужды флота работали уже десять государственных заводов: на севере страны – Петровский (к нему были приписаны города Белоозеро и Каргополь), Ижорский, Кончезерский, Устьрецкий, Повенецкий и Тырницкий; на юге – Липецкий, Боринский и Кузьминский.

После смерти Петра I якорное производство стало развиваться на Урале – на Воткинском, Серебрянском, Нижнетуринском и Ижевском заводах. Первый из них был основан в 1759 г. П. Шуваловым на реке Вотке при впадении в нее Березовки и Шаркана. Обилие лесов, рек и дешевой рабочей силы обеспечивали предприятию быстрое развитие, и оно превратилось в один из крупнейших горных заводов России XVIII в. Руды для изготовления сварочного железа доставлялись на Воткинский завод с горы Благодать по рекам Чусовой и Каме. На якоря шло самое лучшее сварочное железо. До 1850 г. на Воткинском заводе проварка всех частей якоря проводилась в горнах, но вскоре их заменили сварочными печами, которые топили дровами. Примерно в это же время на заводе появился паровой молот с массой падающих частей 4,5 т, что намного упростило и улучшило технологию изготовления якорей. В якорном цехе Воткинского завода в зависимости от заказов на якоря трудилось 250–350 человек.

На каждом огне горна или печи в каждую смену работала артель из одного мастера, нескольких подмастерьев, двух – пяти рабочих, не считая занятых на подвозке угля. Завод выпускал якоря массой от 3 до 300 и более пудов. Тяжелые якоря этого завода массой 336 пудов (почти 5,5 т) устанавливали на большие линейные корабли. К концу XVIII в. крупнейшим на Урале становится Ижевский завод. В 1778 г. на нем было отковано 24 якоря массой 60–250 пудов, 134 553 пуда железа. В якорном производстве завода было занято 110 человек.



Рис. 1.0.3. Городская кузница.

Самые тяжелые адмиралтейские якоря (массой до 10 т) для линейных крейсеров «Бородино», «Измаил», «Кинбурн» и «Наварин» ковались в Ижоре, где в 1719 г. по указу Петра I были основаны Адмиралтейские заводы. Кузнечные молоты на этих заводах приводились в движение от водяных колес.

Кузнечное ремесло в Москве. О раннем периоде железного века Москвы можно судить по материалам археологических раскопок села Дьякова, расположенного на берегу реки Москвы (около села Коломенского), Кунцевского и Мамоновского городищ. Однако только при Юрии Долгоруком Москва становится городом с развитым ремеслом и торговлей. На Кремлевском мысу и на посаде развивается «городская основа жизни» (рис. 1.0.3). Здесь было развито металлургическое и кузнечное производство – археологами обнаружены домницы, сгустки шлака, крицы. На территории современного Зарядья раскопаны крупный цех (размером 6,5×4,5 м) кричного и литейного производства и участок для изготовления бронзовых булавочных головок, а у Китайгородской стены – литейно-кузнечная мастерская, в которой размещались домница и литейный участок.

По мере роста города все ремесла, связанные с огнем, из-за боязни пожаров постепенно вытесняются с территории Великого посада за реки Москву, Яузу, Неглинную, так как реки – хорошая защита города от пожара. На местах посе-

лений создаются ремесленные слободы: кузнецов, литейщиков, гончаров и т. д.

С XVI в. московские кузнецы начинают работать на привозном железном сырье – укладе, который получали из Новгорода, Устюжны-Железнопольской, Серпухова и Тихвина. С этого же времени происходит разделение кузнецов на оружейников, бронников, замочников и т. п. Кузнецы-оружейники ковали «белое» (холодное) и огнестрельное оружие, плели кольчуги, а мастера-бронники ковали пластинки для доспехов. Впервые пластинчатый доспех – «брони дощатые» – упоминается в Ипатьевской летописи. Кованые выпуклые пластинки (200–600 штук) крепили на кожаные рубахи внахлест, что увеличивало общую толщину доспеха, а изогнутость пластин смягчала сабельные удары. В XV–XVI вв. происходит «слияние» кольчатых и пластинчатых доспехов. Шею и плечи воина закрывает стальное ожерелье, грудь – зеркало, а руки предохраняются железными наручами.

Мастера-бронники селились в отдельных «бронных» слободах, находившихся в районе современных Большой и Малой Бронных улиц, а город Бронницы известен уже в XV в. как поставщик доспехов в государево войско. Овысоком качестве работы московских кузнецов-оружейников можно судить по тому, что многие цари и князья имели оружие и доспехи «московского выкова». Так, в описи оружия и доспехов Бориса Годунова имелась следующая запись: «Рогатина московская, московское копье, панцири, шлемы». В Ору-

жейной палате хранится подъягдташный нож князя Андрея Старицкого (младшего сына великого князя Ивана III) русской работы XVI в., лезвие ножа – булатное с золотой насечкой и русской надписью: «Князя Ондreja Ивановича, лет 7021», что в переводе на современное летоисчисление означает 1513 г. Известно, что булатные клинки ковали московские мастера Нил Просвита, Дмитрий Коновалов и Богдан Ипатьев. Высоко ценя кузнечное искусство, царь Алексей Михайлович посылал учеников «для учения булатных сабельных полос» в Астрахань. Шлемы московского выкова не только успешно конкурировали с западными, но и считались особо ценными доспехами в царской казне. Украшенные золотыми, серебряными или медными позолоченными накладками, они стоили дорого, и носили их в основном князья и бояре. При движении, как отмечают летописцы, шлемы сверкали и переливались в лучах солнца и производили впечатление «золотых шеломов». Уникальным образцом русского кузнечного и ювелирного искусства можно считать булатный шлем (или «шапку иерихонскую»), который экспонируется в Оружейной палате. Это парадный шлем, выкованный знаменитым кремлевским кузнецом-оружейником Никитой Давыдовым (из Мурома) для царя Михаила Романова. Тулья из булатной стали украшена тончайшей золотой резьбой. Жемчугом и русскими самоцветами декорированы уши и козырек шлема. Спереди шлем украшен чеканным позолоченным челом, цветными эмалями и драгоценными камнями.

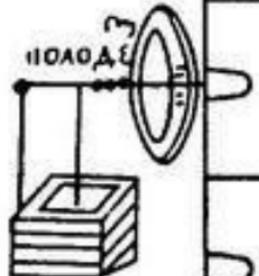
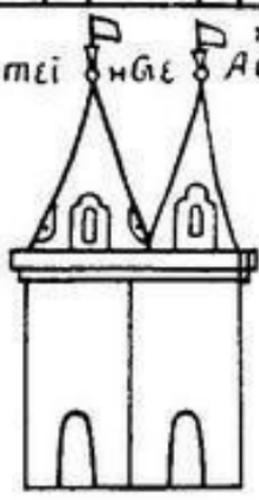
ми. А вокруг острия шлема идет поясок арабесок – арабское изречение из Корана. Перевел это изречение на русский язык крупнейший знаток арабского языка Т.Г.Черниченко: «И обрадуй верующих».

Кузнецов Москвы можно считать и родоначальниками отечественной артиллерии. Из летописи известно, что при обороне Москвы от орд хана Тохтамышша в 1382 г. русскими войсками была применена артиллерия: пушки, стрелявшие каменными ядрами, и «тюфяки», стрелявшие «дробом», т. е. картечью. Начиная с XV в. Москва становится крупным металлургическим и кузнечным центром. Здесь создается Пушечная изба, ставшая впоследствии первым в России металлургическим заводом с приводом механизмов от водоналивных колес. «В конце XV в. был построен большой по тому времени литейный завод – Пушечный двор. Он представлял собой литейно-кузнечное производство, с несколькими литейными амбарами и кузнечными мастерскими. Для приведения в движение всевозможных механизмов – мехов, молотов и т. п. – на реке Неглинной в XVII в. было поставлено несколько больших водоналивных колес, для чего она была перегорожена плотиной», – написано в путеводителе «По улицам Москвы» по поводу возникновения Пушечного двора, а по дошедшему до наших дней плану можно представить, как размещались мастерские (рис. 1.0.4). Н.И. Фальковский в книге «Москва в истории техники» дает описание этого крупнейшего в России оружейного завода: «Обо-

рудование предприятия было следующее: имелся амбар, в котором находился большой молот, с большим стулом-наковальней, горн и два больших водяных меха. Имелся особый горн пушечных кузнецов с наковальней. В амбаре вертильном стояло шесть станков для сверления водой ружейных стволов... В кузнечном амбаре был большой молот да наковальни, где ковали водой ствольные доски. Кулак молота весил 245 кг, а наковальня – свыше 400 кг и устанавливалась на мощном деревянном постаменте – стуле. Заварная кузница имела 10 горнов. Среди инструмента находились: наковальня с развилинами для сгибания ствольных досок, десять ствольных сердечников (костылей), пять крюков, на которых сгибают стволы. Работало на заводе в то время 134 человека, среди них 14 пушечных кузнецов. Основной продукцией завода в те годы были пушки, ядра, различные виды холодного оружия. Пищали и пистолы русских оружейников отличались не только оригинальной отделкой, но и оснащались ударно-кремневым замком... Кроме того, делались заказы и для города – ковались языки для колоколов, оковы и различные узлы для станков и различных машин, ворота для Кремля и Белого города, различные изделия бытового и художественного назначения. С XV в. начинают изготавливать пушки из бронзы, а позднее из чугуна».

Р у з ч и ч у б

липей и бие Абарби



Прива

Пшешно Аорд
 мѣрѣ кетолниемѣ
 вДлану Помослово 88
 Заруѣе доро о суратоту Пѣаоѣ . 89
 Поперетѣ сѣнца 97
 о иерлиниѣ 48⁹

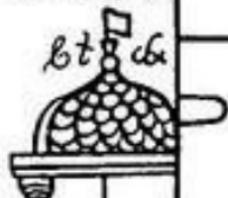


Рис. 1.0.4. *Пушечный двор – первый крупный металлургический центр в России.*

Начиная с XV в. московская рать уже не выступала в поход без артиллерии. Так, стены Казани не смогли противостоять разрушительному огню артиллерии войска Ивана Грозного. Петр I с юных лет интересовался оружейными заводами. Будучи в Москве, в один из праздников после торжественной службы и обеда с боярами отправился на Пушечный двор. Там он приказал стрелять из пушек в цель и метать бомбы, и, к ужасу бояр, сам поджег фитиль и выстрелил из пушки. Он потребовал указать самого опытного артиллера, служившего в Пушечном приказе, у которого хотел учиться. И в дальнейшем отсюда доставляли Петру I для учебных занятий пушечные припасы, «потешные огни» для фейерверков. «Пушечные кузнецы» работали не только на «дворе», но и в так называемых застенках в Спасском, Никольском монастырях, в мастерских при складах, а также в походах. В 1698 г. на Пушечном дворе была открыта первая артиллерийская школа. В 1648 г. на реке Яузе был построен филиал Пушечного двора – «Ствольная мельница», которая предназначалась для «ковки водою» пушечных мушкетных и карабинных стволов, железных досок, проволоки – «тянутого» и белого железа. Необходимо отметить, что технология изготовления артиллерийских орудий была очень слож-

ной и ответственной. Вначале отковывали из крицы доски (рис. 1.0.5) – металлические листы толщиной до 10 мм (для пушек), шириной 1900 мм и длиной 1400 мм; затем подготавливали кромки для продольной и поперечной (торцовой) сварки; гнули доски в трубку на желобчатой наковальне или подкладке и сваривали на оправке продольный шов ствола внахлест. После этого осуществлялась торцовая сварка на оправке двух средних звеньев ствола и торцовая приварка к средним звеньям ствола крайних частей ствола, прилегающих к казеннику и к дульной трубке. Требования к качествуковки стволов оговаривались специальным указом царя Михаила Федоровича от 1628 г.: «Пищали были бы для стрельбы казнысты и чтоб расседеин и задорин в тех пищалях не было и были б прямы, чтоб к стрельбе были цельны». К началу XVIII в. Пушечный двор был крупным металлургическим центром России, на котором работало около 500 человек. Однако развитие металлургических и оружейных заводов в Новгороде, Пскове, Устюжне-Железнопольской, Вологде, Туле и на Урале постепенно снижает значение Пушечного двора, и в конце XVIII в. он уже превращается в арсенал, а в 1802 г. его упраздняют: «16 апреля было повелено все хранившееся в нем вооружение сдать в Арсенал, строения разобрать и материалы использовать на постройку Каменного Яузского моста».

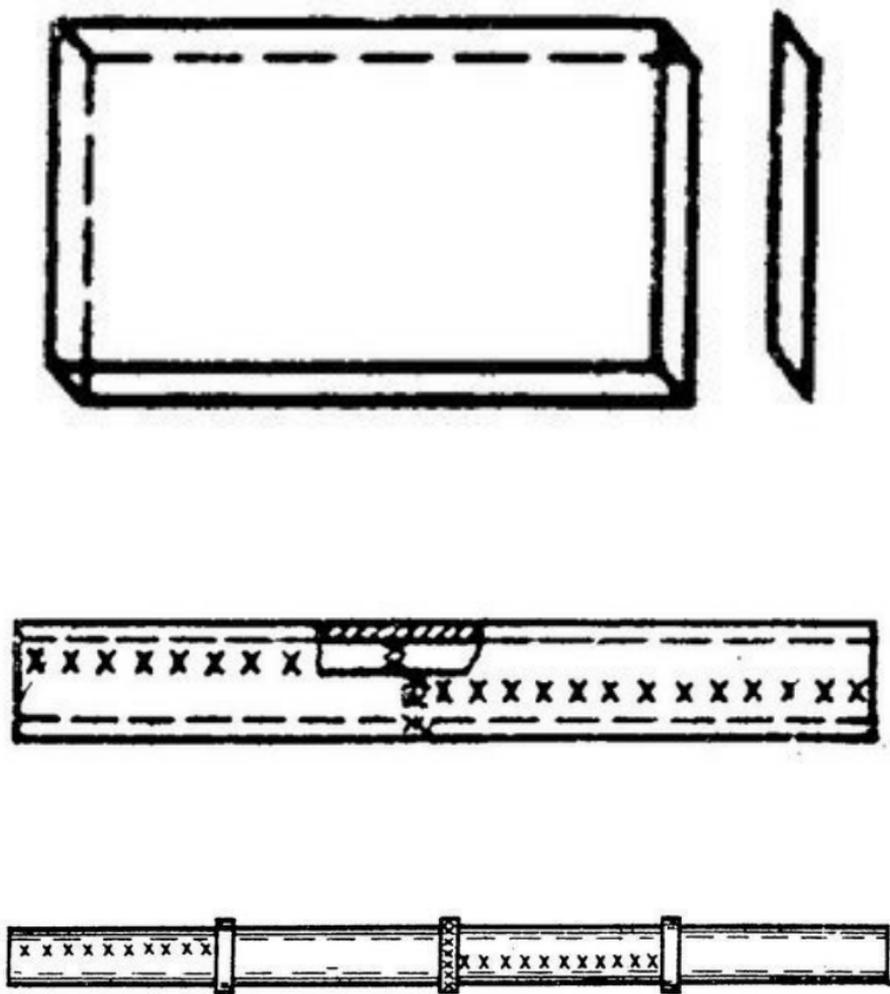
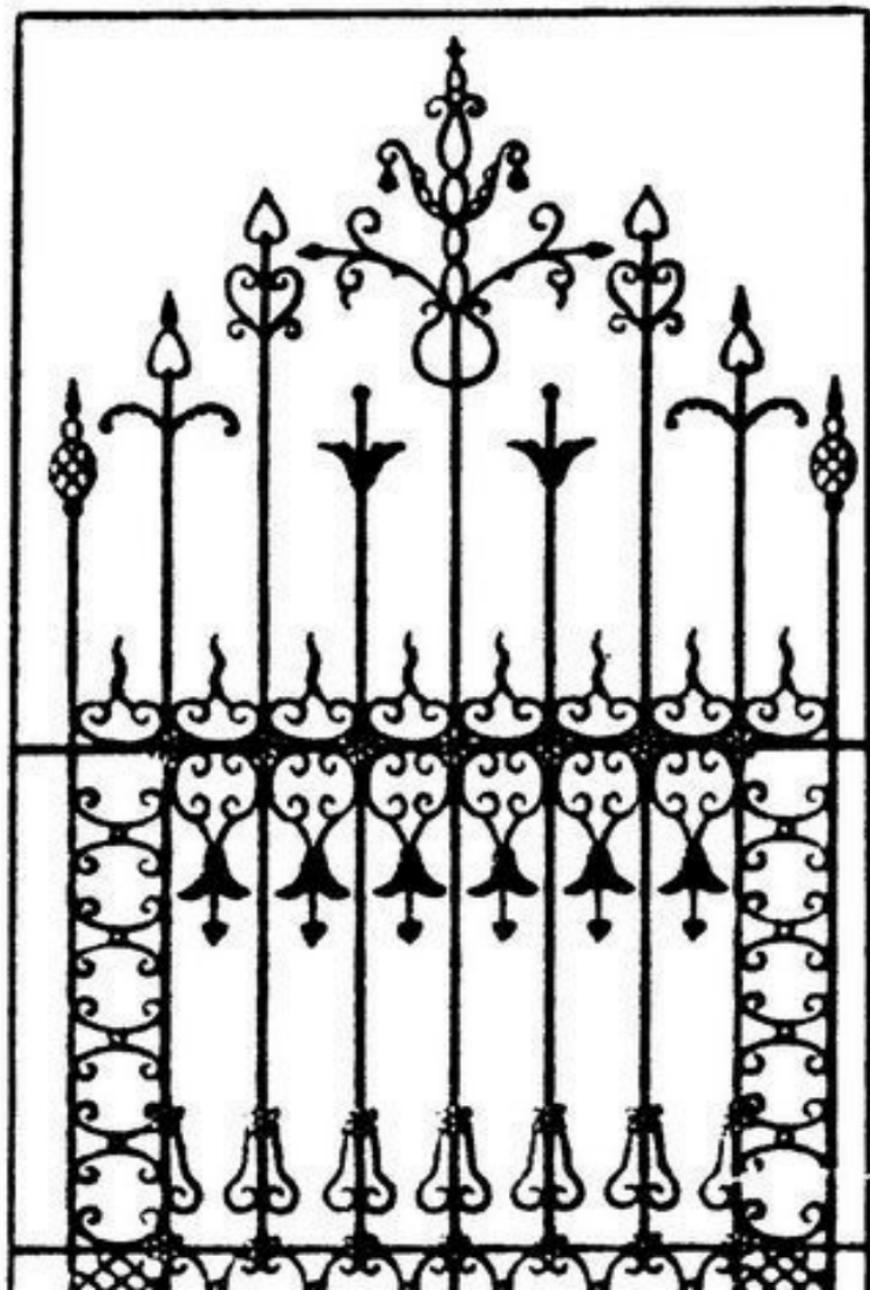
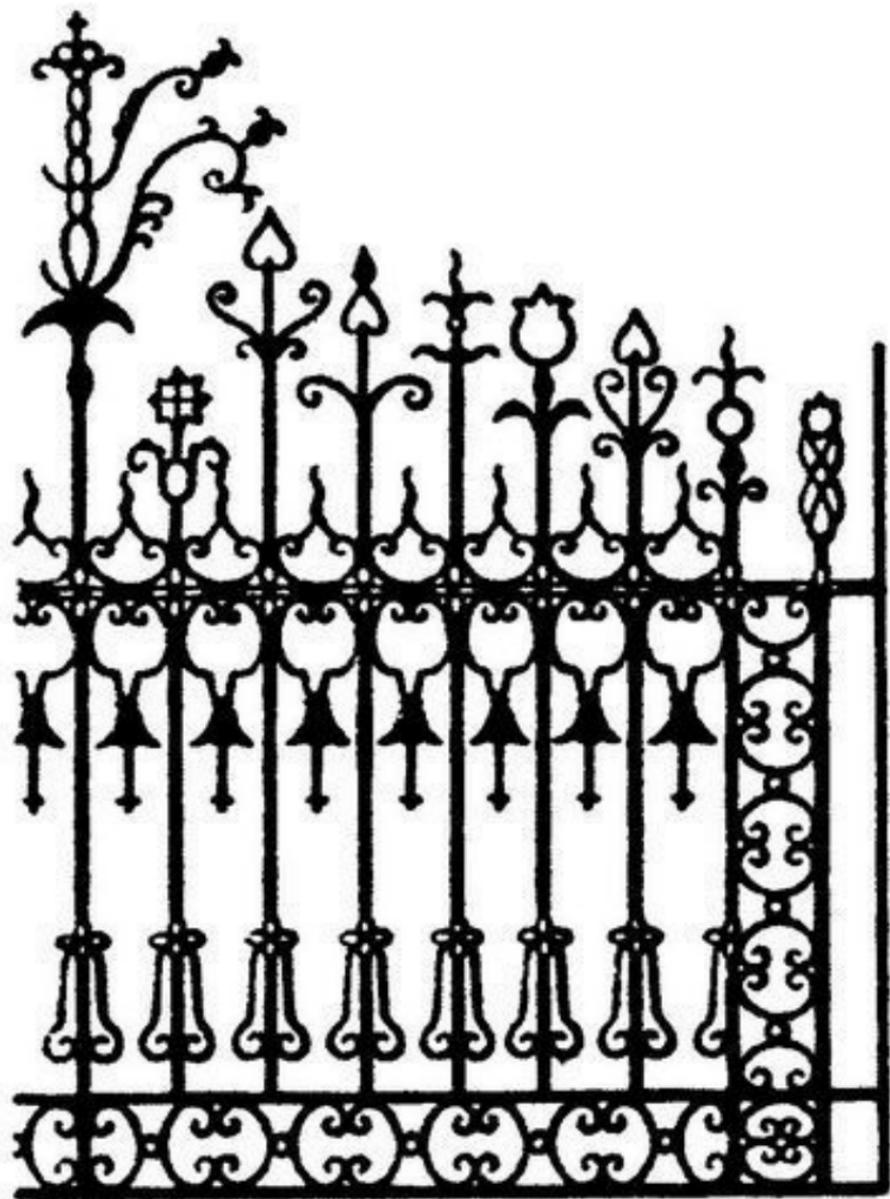


Рис. 1.0.5. Технология изготовления кованой пушки.

С XVII в. в Москве и других крупных городах страны начинается широкое строительство дворцово-парковых ансамблей, и многие кузнечные мастерские переключаются на изготовление больших и малых оград, оконных решеток, козырьков и навесов. Неповторимость старых московских улиц объясняется наличием большого количества ажурных кованых оград, балконных решеток и легких кружевных козырьков подъездов XVII–XIX вв. Знаменитые мастера классицизма, зодчие Москвы В. Баженов, О. Бове, М. Казаков, Д. Жилярди, И. Витали, представители модерна А. Эрикссон, В. Валькотт, Ф. Шехтель, а также архитекторы советской школы А. Щусев, Д. Чечулин, В. Щуко широко использовали кованый металл при создании дворцов, особняков, домов и парков. Наиболее интересны по рисунку кованого металла выполненные в стиле московское барокко ограды второй половины XVIII в. (рис. 1.0.6). Мощные каменные столбы контрастируют с «легким и игривым» кованым узором (фото 1.0.2). Ярославские кузнецы, используя растительные мотивы, отковали ворота и ограду двора бывших палат боярина Волкова (фото 1.0.3), что в Большом Харитоньевском переулке, дом 21, но здесь рисунок уже полностью симметричен и составлен из сердцевидных изгибов стеблей – «червонец» (излюбленный мотив русского декоративного искусства XVIII–XIX вв.). Места переплетения закрываются красивыми штампованными розетками.







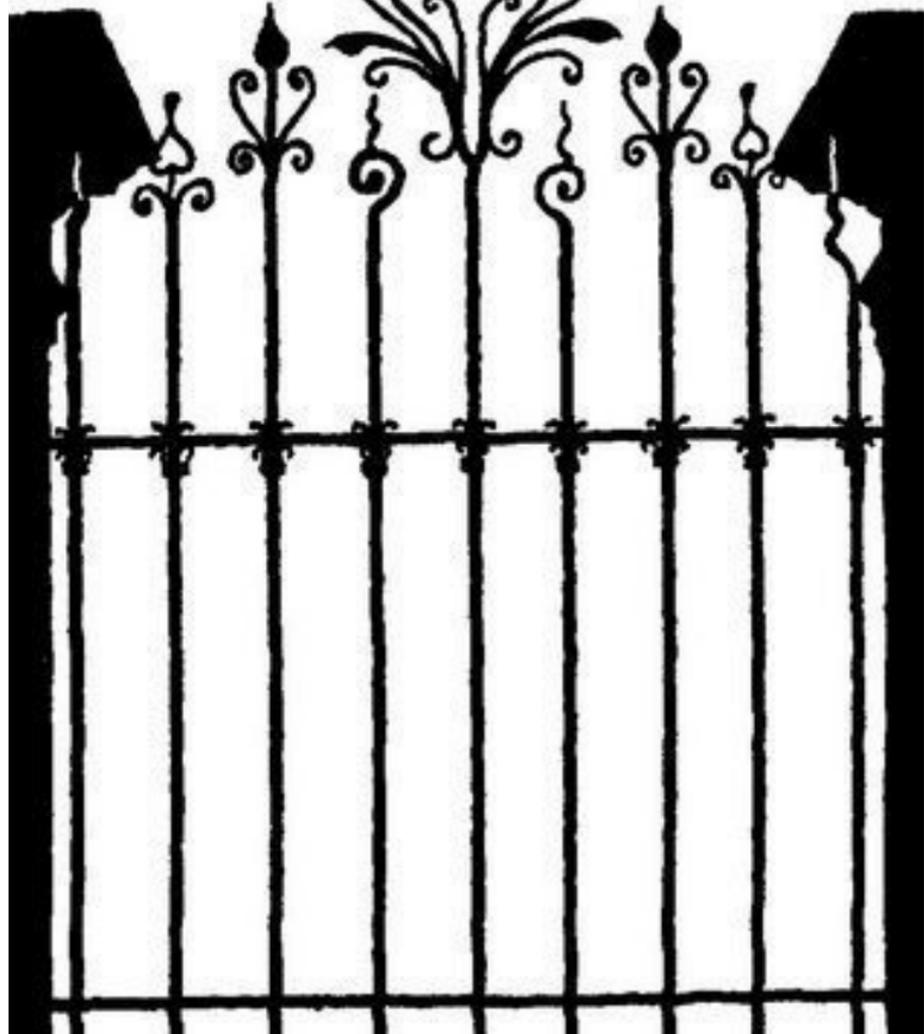


Рис. 1.0.6. *Ограды храмов, выполненные в стиле московское барокко. XVIII в.*

С XIX в. художники и архитекторы при проектировании оград начинают широко использовать промышленный сортовой прокат, в результате чего общий рисунок оград становится более строгим, преобладают прямые линии, навершия оформляются в виде шаров или пик. К этому периоду относятся выполненные в стиле московского классицизма ограды здания Московского Английского клуба (ныне Государственный центральный музей современной истории России) и старого здания Библиотеки им. В. И. Ленина (дом Пашкова). Изумительно смотрятся ажурные кованые решетки на фоне бывших дворцовых построек подмосковных усадеб Кусково, Кузьминки, Архангельское. Владея многочисленными кузнечно-слесарными мастерскими в городе Павлово-на-Оке, граф Шереметев трудом крепостных кузнецов украсил свою вотчину в Кускове шедеврами искусства. Оконная решетка грота (зодчий Ф. Аргунов) напоминает по рисунку растительность подводного царства (фото 1.0.4). Интересно отметить, что кузнецом в Кускове работал Иван Горбун – отец знаменитой актрисы Прасковьи Ивановны Ковалевой-Жемчуговой.

В Москве наибольшее число оград и решеток конца XIX – начала XX в. выполнено в стиле модерн. Асимметрич-

ные извивы кованых стеблей создают какой-то текучий орнамент из сливающихся, переплетающихся и перепутывающихся диковинных растений. Рисунок с решеток зачастую переходит на стену дома уже в камне или гипсе, разливается по всему фасаду и заканчивается мощными волнами на карнизе или в рисунке парапета крыши. В этом стиле выполнены решетки особняка в Кропоткинском переулке и гостиницы «Метрополь» (рис. 1.0.7 а, б) и козырек гостиницы «Националь» (фото 1.0.5), большое число домов по улице Тверской-Ямской.

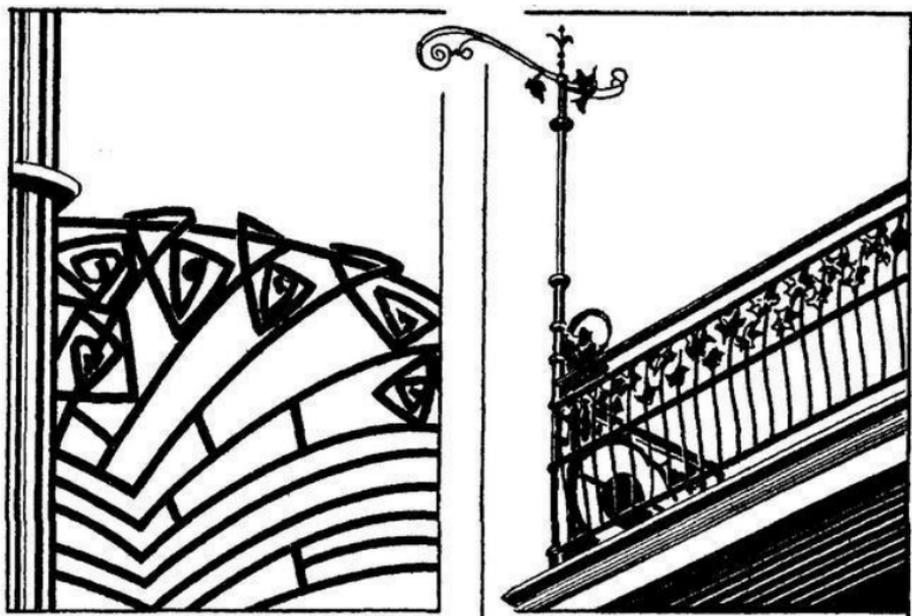


Рис. 1.0.7. *Московские ограды в стиле модерн: а – особняк в Кропоткинском пер.; б – гостиница «Метрополь».*

К этому классу относятся и балконная решетка дома 20 по улице Пречистенке (фото 1.0.6), и уникальная ограда особняка на Тверском бульваре, дом 25 (фото 1.0.7), ограды и балконные решетки Дома-музея М. Горького на Спиридоновке (фото 1.0.8). Подлинной кузнечной «симфонией» можно назвать кованый зонт над входом в бывшую аптеку № 1 на улице Никольской (фото 1.0.9). Зонт собран из сложных кузнечных изделий: сверху, словно свечки, выстроились витые шишечки с листочками и завитками, боковая и лицевая стенки зонта состоят из ромбовидной сетки с перехватами в узлах и гирляндой по нижнему краю. По углам свешиваются стилизованные бутончики, а по кронштейнам затейливо извиваются акантовые листья со спиральями. В подъезде этого дома установлены уникальные светильники в виде деревьев (фото 1.0.10).

Зонтик, раскрывшийся над входом в здание Российского гуманитарного университета на Никольской улице, выполнен в псевдоготическом стиле. Рисунок кованых элементов как бы вычерчен при помощи циркуля и линейки: прорезные трилистники, четырехлопастные розетки, стрелчатые арки. Железное кружево зонта как бы сливается с каменной резьбой пилястров здания и, «захватывая» стрелчатые ок-

на, возносится к парапету крыши и навершиям.

Выйдя на Красную площадь и подойдя к Лобному месту, можно увидеть кованую калитку с ажурным рисунком в стиле ренессанса. Центральная часть звена решетки заполнена спиралью с фантастическим животным, ноги и хвост которого свиваются с основной решетки.

Московские кузнецы были первыми мастерами, начавшими изготавливать часы. Из древней русской летописи мы узнаем о строительстве первых в Московской Руси башенных часов: «...а наречется сей часник часомерье», и далее: «В лето 6912 (1404 г.)... князь Василий замыслил часник и поставил его на своем дворе». Смастерил часы ученый сербский монах Лазарь с мыса Афона, и были они установлены на одной из башен белокаменного Кремля. Башенные часы с боем и колокольной музыкой получили особенно широкое распространение в XVI и XVII вв. (рис. 1.0.8). Они ставились в больших монастырях, в городах. В конце XVI в. в Московском Кремле были установлены часы на трех башнях: Спасской, Тайницкой и Троицкой, а в начале XVII в. – на Никольской. В первой половине XVII в. в Москве под руководством английского механика Галовея велись работы по устройству новых больших часов на Спасской башне Кремля. Эти часы с движущимся циферблатом и со сложным устройством для колокольной музыки (куранты) получили большую известность. Чуть позднее мастер Оружейной палаты Петр Высоцкий установил башенные часы и в Коломенском над новыми

каменными воротами. Эти часы имели сложный механизм для перемещения циферблата и молотковый привод на восемь «перечастных» колоколов.

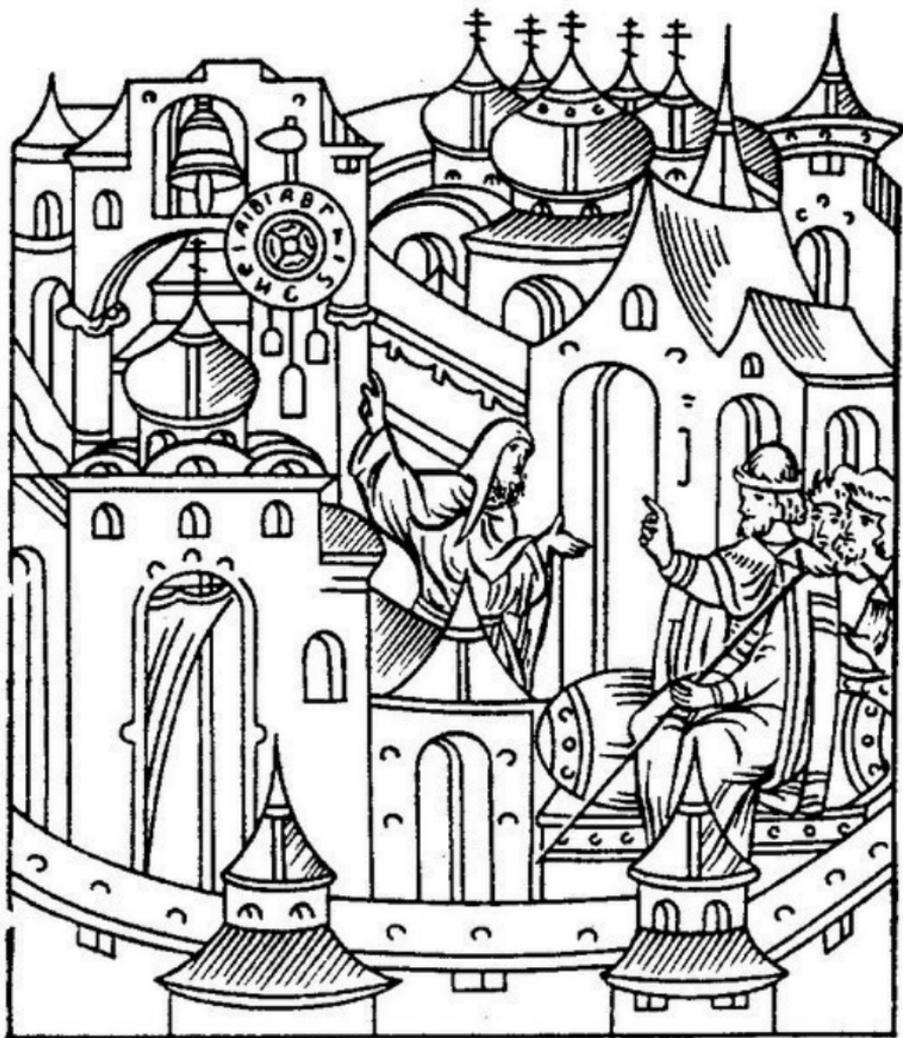


Рис. 1.0.8. *Первая московская часозвонница.*

Следует отметить, что при создании часовых механизмов требовалась высокая точность в изготовлении большого количества сложных деталей и подгонке их друг к другу. Все детали механизма часов делали квалифицированные кузнецы. Вначале отковывали различные по размерам колеса и шестерни, валы и оси, из толстых кованных полос собирали раму. После этого отковывали большое число звеньев цепей, и начиналась кропотливая работа по сборке и отладке часов. Работы усложнялись тем, что размеры некоторых деталей доходили до 5 м и более, а масса их достигала десятков и сотен килограммов. И на таких колесах и шестернях необходимо было отковать строго определенное число зубьев с высокой точностью «по шагу». Таким образом, техника часового дела уже с XV в. потребовала теоретических знаний в области математики и астрономии, без которых нельзя было ни строить часы, ни регулировать их ход.

В конце XVIII – начале XIX вв. для Москвы был характерен не только рост крупных «металлических» предприятий, требовавших большого количества железа, чугуна, стали для производства различных изделий и конструкций, проволоки, гвоздей, рельс и т. д., но и рост числа кузниц. Городские кузницы делились на общественные и домовые. Общественные должны были пристраиваться одна к другой, обра-

зую Кузнечный ряд. Домовые кузницы обычно размещались на отдельных участках и были деревянными, каменными или комбинированными, одноэтажными или двухэтажными. На первом этаже размещались сами кузницы, на втором – жилые помещения.

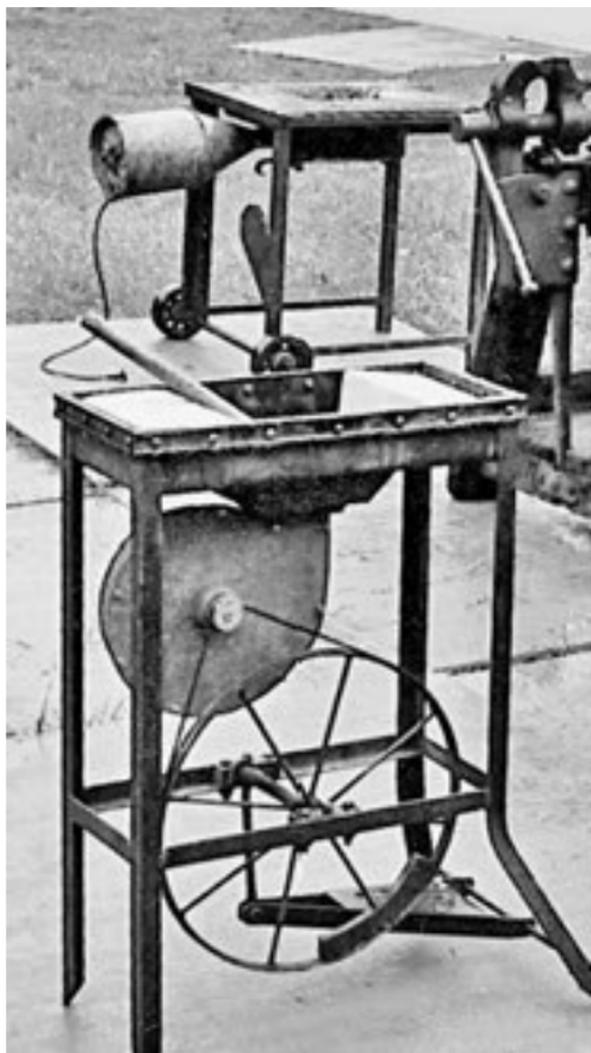
Общественные кузницы в Кузнечном ряду имели значительно меньшее помещение, и работы велись в основном «в одну руку», т. е. без помощников-молотобойцев. Эти кузницы специализировались на определенных работах: в одних изготавливали замки, в других – подковы, гвозди, различные болты и скобы, в третьих – кровати, ограды и другие крупные изделия. Однако со временем мелкое кузнечное производство начинает вытесняться специализированными заводами и фабриками. В 1863 г. машиностроительные, гвоздильные и провололочные заводы получают право на беспошлинный ввоз железа из-за границы. Начинается рост крупных промышленных предприятий, и к началу XX в. Москва становится крупным промышленным центром России с развитым капиталистическим производством.



Глава 1

О металле, инструменте и оборудовании







При ковке изделий кузнецам приходится иметь дело со сталями различных марок, цветными металлами и сплавами, которые различаются по физическим, механическим и

технологическим свойствам (более подробно познакомиться со свойствами металлов и сплавов можно в Приложениях А и Б). При нагреве одни заготовки нагреваются быстрее, а другие медленнее. Кроме того, для нагрева до ковочной температуры одинаковых по размерам заготовок из разных материалов требуется сжечь разное количество топлива. Это связано с *теплопроводностью* металла, которая характеризуется скоростью нагрева заготовки по сечению. Чем меньше теплопроводность металла, тем больше опасность появления трещин в заготовке при нагреве.

К технологическим свойствам металла относят ковкость, усадку, свариваемость и закаливаемость.

Ковкость характеризует способность металла деформироваться под действием удара, а *усадка* – уменьшение размеров заготовки в процессе охлаждения. Стальные заготовки при охлаждении с ковочной до нормальной температуры уменьшаются в размерах на 1,2–1,3 %. Например, поковка длиной 500 мм после охлаждения до цеховой температуры будет иметь длину 495 мм. Если усадку металла не учесть, то получится брак поковки по размерам.

Под *свариваемостью* понимают способность металлов в нагретом состоянии под действием удара образовывать сварные соединения. Лучше всего свариваются стали с малым содержанием углерода и вредных примесей и плохо – легированные стали, алюминий и его сплавы.

Закаливаемость характеризует способность металлов

приобретать в результате закалки высокую твердость. Хорошо закаливаются стали с содержанием углерода 0,4–0,7 %.

Наиболее широко в кузнечных работах используется сталь – сплав железа с углеродом.

Кроме углерода в сталях содержатся кремний, марганец, сера, фосфор и некоторые другие элементы. Причем сера и фосфор – вредные примеси: при содержании серы более 0,045 % сталь становится красноломкой, т. е. при нагреве до красного каления заготовка разрушается под ударами молота, а при содержании фосфора более 0,05 % сталь становится хрупкой в холодном состоянии.

В зависимости от количества углерода стали разделяют на *низкоуглеродистые* (до 0,25 % углерода), *среднеуглеродистые* (0,25–0,6 %) и *высокоуглеродистые* (0,6–2 %). Повышение содержания углерода увеличивает *твердость* и *закаливаемость* стали, но снижает *теплопроводность* и *ковкость*.

Легированные стали в кузнечном деле применяются в основном для изготовления инструмента, работающего при *ударных нагрузках и высоких температурах*. Никель повышает прочность детали, а хром еще и твердость и износостойкость. Марганец увеличивает твердость, прочность, сопротивление истиранию и удару, уменьшает вредное влияние серы, снижает теплопроводность. Кремний повышает прочность и упругость, но снижает вязкость и свариваемость. Для маркировки сталей приняты следующие обозна-

чения наиболее распространенных легирующих элементов: Х – хром, Н – никель, Г – марганец, С – кремний, Т – титан, Ю – алюминий. Буквой А обозначается пониженное содержание серы и фосфора.

Например, марка 40Х означает, что сталь содержит до 0,4 % углерода и до 1 % хрома; 18ХГТ – сталь содержит до 0,18 % углерода, до 1 % хрома и до 1 % титана; 20ХГА – сталь содержит 0,2 % углерода, до 1 % хрома, до 0,9 % марганца.

Инструментальные углеродистые стали содержат 0,6–1,3 % углерода, 0,15–0,6 % марганца, 0,15–0,35 % кремния, 0,03–0,35 % серы и фосфора. Эти стали маркируют буквой У, за которой следует цифра, обозначающая процентное содержание углерода. Например, сталь У9 – сталь инструментальная с содержанием углерода 0,9 %. В практике марку сталей определяют по искре (см. Приложение, табл. 1).

Из цветных металлов в кузнечном деле используют медь, алюминий, магний, титан и их сплавы. К деформируемым латуням (сплав меди с цинком) относятся Л90, Л80, Л68, Л62 и другие (цифры обозначают содержание меди в процентах); к оловянистым бронзам (сплав меди с оловом) – БрОЦ4–3 (4 % олова, 3 % цинка). Кроме того, хорошей ковкостью отличаются алюминиевые сплавы.

Внутреннее строение металлов. Чтобы лучше чувствовать металл, представлять себе, почему он куется, необ-

ходимо мысленно проникнуть внутрь металла, изучить его строение. Все металлы и сплавы имеют *поликристаллическое строение*, т. е. состоят из отдельных прочно сросшихся друг с другом зерен, между которыми располагаются в виде тонких прослоек неметаллические включения различных оксидов, карбидов и других соединений. *Зерно*, в свою очередь, также имеет *кристаллическое строение*, а его размеры составляют 0,01–0,1 мм.

При ковке деформация происходит главным образом вследствие скольжения зерен относительно друг друга, так как связь между ними слабее, чем прочность самих зерен.

В результатековки зерна вытягиваются в направлении течения металла, что ведет к образованию мелкозернистой строчечной структуры. Одновременно вытягиваются неметаллические включения, которые придают деформированному металлу волокнистое строение, что можно наблюдать невооруженным глазом. Размеры зерна, а следовательно, и прочностные свойства металла зависят от температуры концаковки. Чем выше температура металла в момент окончания деформирования, тем крупнее зерно и тем хуже механические свойства металла. Поэтому *деформировать металл следует при такой температуре, чтобы измельченные в процессе деформирования зерна под действием высокой температуры не выросли до недопустимых размеров.*

Топливо. Для нагрева заготовок кузнецы используют различные виды топлива: твердое, жидкое и газообразное

(см. Приложение, табл. 2). В небольших кузницах наиболее широко применяется твердое топливо: дрова, торф, древесный и каменный уголь, кокс.

Древесный уголь был основным видом топлива вплоть до середины XVIII в., а в настоящее время его производят очень мало. Однако если необходим нагрев заготовок небольших размеров, то лучше всего сделать это все же на древесном угле, который должен быть хорошо выжжен, быть плотным, твердым, сторать не слишком быстро, иметь блестящий излом и звонкость. Масса 1 м³ хорошего дубового и букового угля в рыхлой насыпке – 330 кг, березового – 215 кг, соснового – 200 кг, елового – 130 кг.

Кокс наиболее широко применяется в кузнечных цехах для нагрева заготовок, так как имеет относительно низкий процент содержания серы и фосфора и высокую теплотворную способность.

Каменный уголь используется в том случае, когда необходимо нагревать заготовки до высокой температуры. Уголь хорошего качества при горении дает короткое пламя и хорошо спекается. Плотность угля составляет 1,3 т/м³, а масса 1 м³ в рыхлой насыпке – 750–800 кг. Уголь должен быть черного с блеском цвета размером с грецкий орех. Кузнецы называют такой уголь «орешек».

Жидкое топливо – это нефть, продукты ее перегонки (бензин, керосин и т. п.) и остаточные масла.

Наиболее широко в кузнечном деле применяются мазуты, которые относительно дешевы и имеют высокую теплотворную способность.

Газообразное топливо (природный газ) все шире начинают использовать в кузнечных горнах, так как оно относительно дешево, имеет высокую теплотворную способность, легко смешивается с воздухом, полностью сгорает и, самое главное, в продуктах сгорания отсутствует ядовитый оксид углерода.

Для тех кузнецов и любителей кузнечного дела, кто любит работать на древесном угле, рассмотрим способы получения его в «домашних» условиях.

Получение древесного угля «в траншеях». Выкапываем траншею длиной 1,5–2 м и глубиной примерно 0,5 м, на дно насыпаем слой мелких щепок и стружки и сверху плотно укладываем поленья. Затем траншею закрываем железными листами, а сверху насыпаем песок и землю. С одного конца траншеи оставляем окно, через которое поджигаем щепки, а с другого – окно для выхода дыма. После того как дрова разгорятся, окна прикрываем, чтобы горение шло без доступа воздуха.

Украинский кузнец Богдан Попов, который изучает старинные традиции древнего кузнечества, получает древесный уголь, сжигая дрова в железной бочке при ограниченном поступлении воздуха.

Следует иметь в виду, что для нагрева стальных заготовок

лучше использовать древесный уголь из твердых пород дерева: дуба, клена, бука, березы.

Нагрев заготовок. Это важная и ответственная операция, от которой зависят качество деталей, производительность труда, стойкость инструмента.

Кузнецу необходимо помнить, что в процессе нагрева изменяются структура металла, его свойства и состояние поверхностных слоев. В результате нагрева повышается активность взаимодействия металла с атмосферой и на поверхности заготовки образуется слой окалины, толщина которой зависит от температуры и времени нагрева, химического состава металла и окружающей среды.

Наиболее интенсивно окисляются стали при температуре выше $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Так, при температуре $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость окисления увеличивается в 2 раза, а при $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ – уже в 5 раз.

Окалина, образующаяся на поверхности легированных сталей, плотная и имеет малую толщину, благодаря чему она не растрескивается при ковке и защищает металл от дальнейшего окисления. Хромоникелевые стали при нагреве практически не окисляются и поэтому называются жаростойкими.

При нагреве углеродистых сталей происходит выгорание углерода с поверхностного слоя на глубину до 2–4 мм, что ведет к обезуглероживанию и снижению прочности и твердости стали и к ухудшению закаливаемости. Обезуглерожи-

вание особенно неблагоприятно влияет на качество поковок небольших размеров, подвергаемых последующей закалке.

Известно, что прогрев заготовок по сечению происходит вследствие теплопередачи от наружных слоев к внутренним. Под действием высокой температуры наружные слои расширяются больше внутренних, и между ними возникают *температурные напряжения*, которые могут привести к образованию трещин и дальнейшему разрушению металла. Заготовки из углеродистых конструкционных сталей с размерами сечения до 100 мм не боятся быстрого нагрева, и поэтому их можно закладывать холодными в печь с температурой до 1300 °С.

Высокоуглеродистые и высоколегированные стали имеют *низкую теплопроводность*, и во избежание образования трещин заготовки необходимо нагревать медленно.

Ковать заготовку можно только тогда, когда она *равномерно прогреется по всему сечению*.

Следует сказать, что для каждой марки стали имеется свой температурный интервалковки, т. е. определены температуры началаковки T_n и конца T_k (см. Приложение табл. 3). Нагрев металла выше температуры T_n приводит к пережогу, в результате чего происходит ускоренная диффузия кислорода внутрь металла и из-за нарушения связей между зернами металл при ковке разрушается. Пережог – неисправимый брак.

Известно, что при перегреве увеличивается размер зерен,

металл приобретает *крупнозернистую структуру* и его *пластичность снижается*. Кроме того, поковки с крупнозернистой структурой имеют низкие *механические свойства*. При необходимости перегрев можно исправить термической обработкой, но это требует дополнительного времени и расхода энергии. Ковка заготовок ниже температуры T_K приводит к образованию трещин. В связи с этим кузнецу необходимо пользоваться указанной выше таблицей и ковать металл в соответствующем температурном интервале.

Чтобы поковки имели более *высокие механические свойства*, необходимо стремиться *заканчивать ковку при температуре на 20–30 °С выше допустимой температуры конца ковки*. В этом случае в металле успеет произойти рекристаллизация, и структура останется мелкозернистой.

Низкоуглеродистые стали имеют более широкий температурный интервал ковки, чем высокоуглеродистые и легированные. Следовательно, при ковке изделий из низкоуглеродистых сталей требуется несколько меньшее число нагревов, чем при ковке аналогичного изделия из высокоуглеродистой или легированной стали, так как температурный интервал больше и кузнец успевает выполнить большее число операций без дополнительного нагрева.

Таким образом, при нагреве заготовок необходимо следить за температурой начала и конца ковки, потому что при увеличении времени нагрева слой окалины растет, а при быстром нагреве появляется опасность растрескивания ме-

талла. Из кузнечной практики известно, что нагрев заготовки диаметром 10–20 мм на древесном угле до ковочной температуры осуществляется за 3–4 мин, а заготовки диаметром 40–50 мм – уже за 15–25 мин. Температуру нагрева заготовок в промышленных условиях определяют при помощи специальных приборов, а в небольших кузницах – по цвету каления (см. Приложение табл. 4).

Горны и печи. Наши далекие предки для нагрева кусков самородного металла использовали костры, а для поднятия температуры дули в костер через трубки или применяли кузнечные мехи. Часто такие костры устраивали на склонах гор у русел рек: установлено, что там все время дует ветер и раздувает огонь очага. Эти костры впоследствии стали называть «волчьими ямами».

По мере совершенствования кузнечных мехов отпадает необходимость строить «нагревательные устройства» на горах, и их начинают размещать недалеко от жилищ. От дождя и снега очаг защищают навесом, а для подачи воздуха устанавливают мехи. В дальнейшем для удобства работы очаг горна (горновое гнездо) поднимают на некоторую высоту от земли. В таком виде горн просуществовал вплоть до настоящего времени.

Кроме того, кузнецы некоторых народностей, живущих в степных, северных или пустынных районах (цыгане, буряты, алтайцы, ненцы, якуты и др.) разворачивают свою «поход-

ную» кузницу прямо на земле. Для организации очага роют ямку, выкладывают ее камнем, ко дну ямки подводят сопло от кузнечного меха, разжигают уголь и нагревают заготовки. Наковальня устанавливается рядом на земле. На таком горне надо работать вдвоем – кузнец кует, а помощник качает мехи. Работу в такой кузнице часто демонстрирует украинский кузнец Богдан Попов на кузнечных фестивалях в Донецке (руководитель проекта – Виктор Бурдюк, заслуженный деятель искусств Украины).

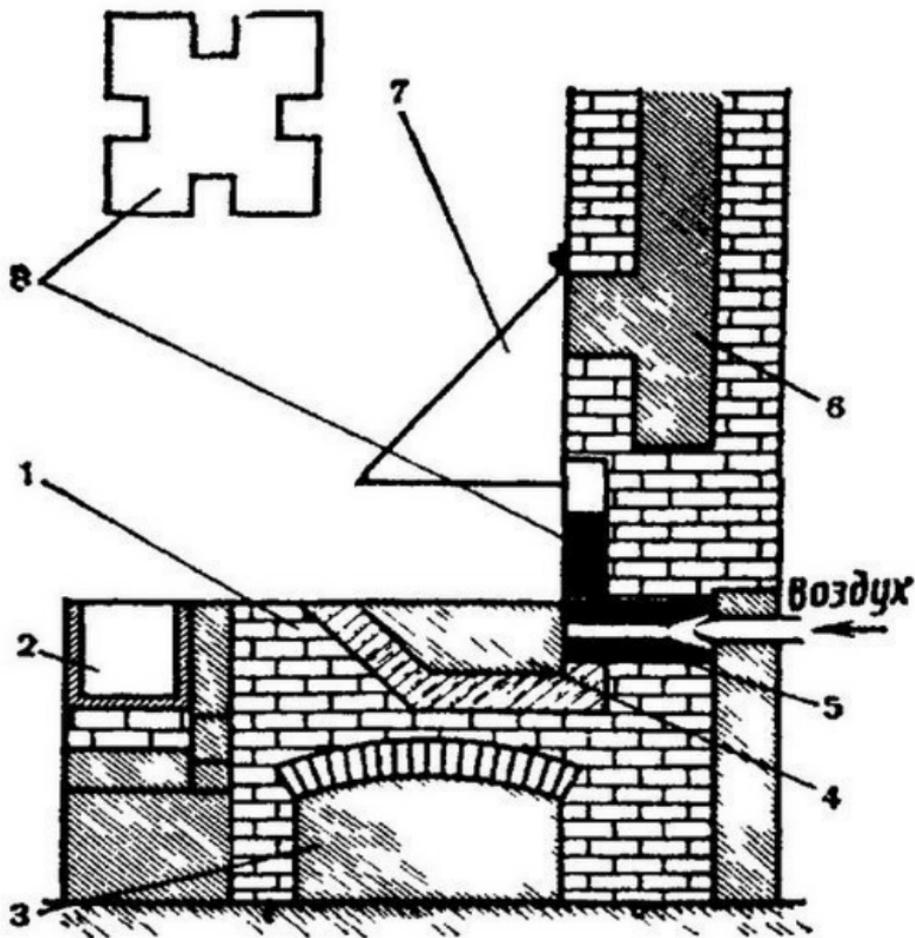


Рис. 1.1.1. Открытый кирпичный горн с задним дутьем: 1 – постамент; 2 – короб с водой; 3 – ниша; 4 – очаг (горновое гнездо); 5 – фурма; 6 – дымоход; 7 – зонт; 8 – фурменная плита.

Широкое развитие кузнечного дела способствовало созданию современных горнов с регулировкой подачи воздуха и отводом дыма и продуктов горения от очага.

Основа *стационарного кирпичного горна с задним дутьем* – постамент (лежанка, постель, стол), который служит для размещения очага и нагреваемых заготовок. Обычно горн устанавливается по центру задней от входа (основной) стены кузницы. Высота постамента определяется ростом кузнеца исходя из удобства переноса заготовки из горна на накопальню и обратно и принимается равной 700–800 мм, а площадь горизонтальной поверхности «стола» обычно равна 1 × 1,5 или 1,5 × 2 м. Постамент горна может выкладываться из кирпича, пиленого камня или железобетона в виде ящика, заполненного мелким битым камнем, песком, глиной и горелой землей. Верхняя горизонтальная часть стола выравнивается и, если есть возможность, выкладывается огнеупорным кирпичом.

Постамент также может быть литым (рис. 1.1.2), сварным или сборным, а поверхность стола выкладывают огнеупорным кирпичом и окантовывают металлическим уголком.

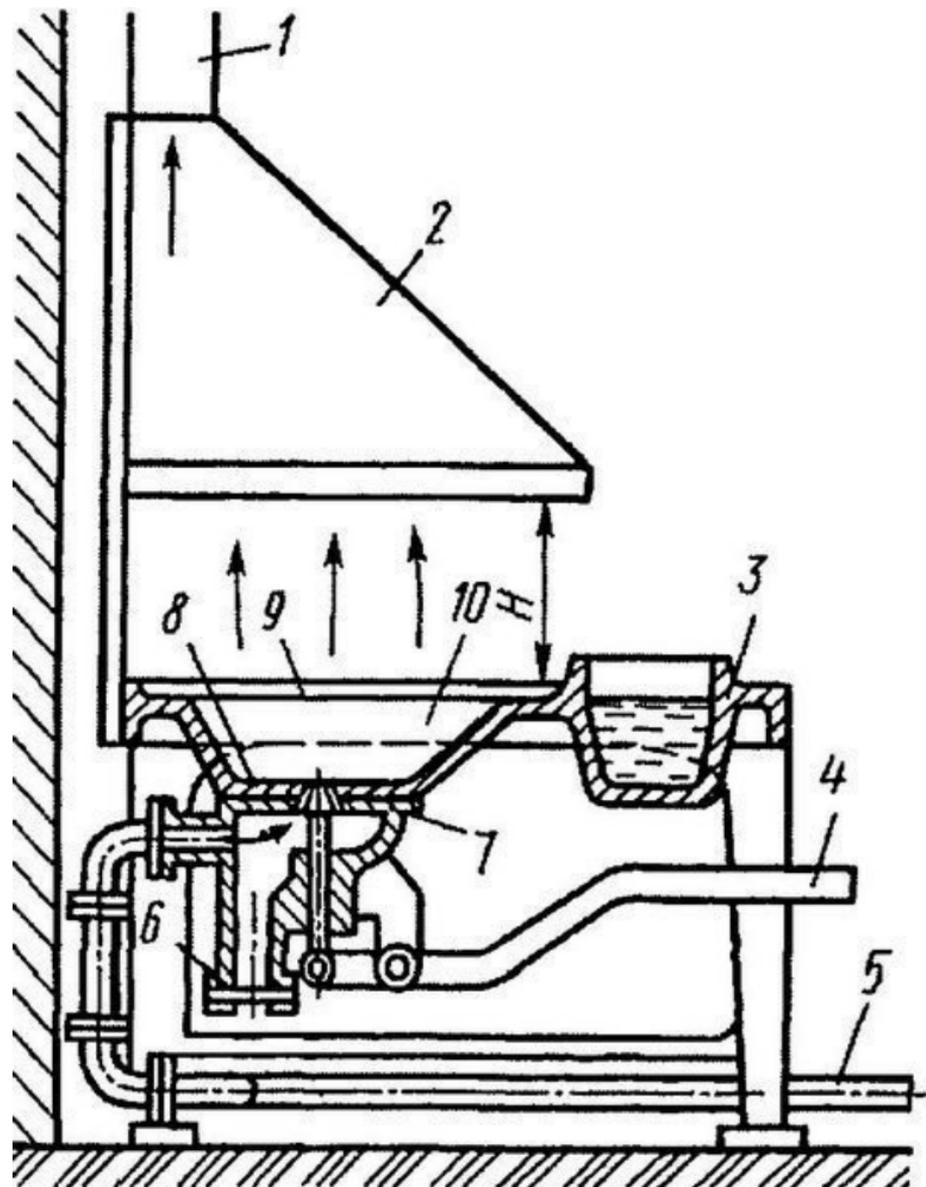


Рис. 1.1.2. Стационарный горн с литым постаментом: 1 – вытяжная труба; 2 – зонтик; 3 – бачок с водой для охлаждения инструмента; 4 – рычаг для регулирования подачи воздуха; 5 – воздухопровод; 6 – заслонки; 7 – конический запорный наконечник; 8 – фурма; 9 – литой стол; 10 – очаг.

Центральное место стола занимает очаг, или горновое гнездо, которое может размещаться как в центре, так и у задней или боковой стенки горна.

В очаге температура достигает максимума, поэтому его стенки обычно выкладывают огнеупорным кирпичом и обмазывают огнеупорной глиной. Размеры гнезда определяются назначением горна и размерами нагреваемых заготовок. Центральное гнездо в плане обычно имеет круглую или квадратную форму размером 200×200 или 400×400 и глубиной $100\text{--}150$ мм.

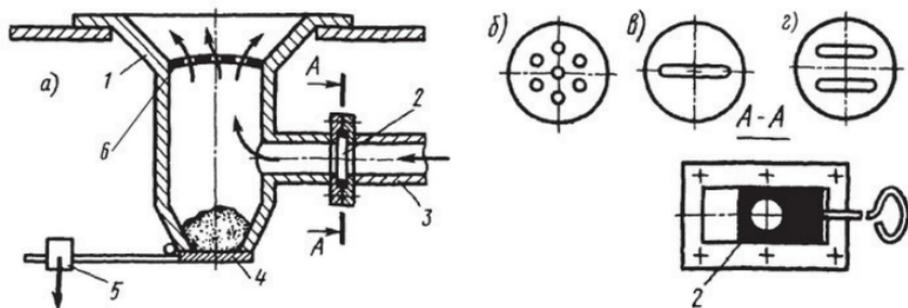


Рис. 1.1.3. *Литая фурма (а) со сменными колосниковыми решетками (б, в, г): 1 – корпус фурмы; 2 – заслонка; 3 – подводящий патрубок; 4 – донная крышка; 5 – груз; 6 – колосниковая решетка.*

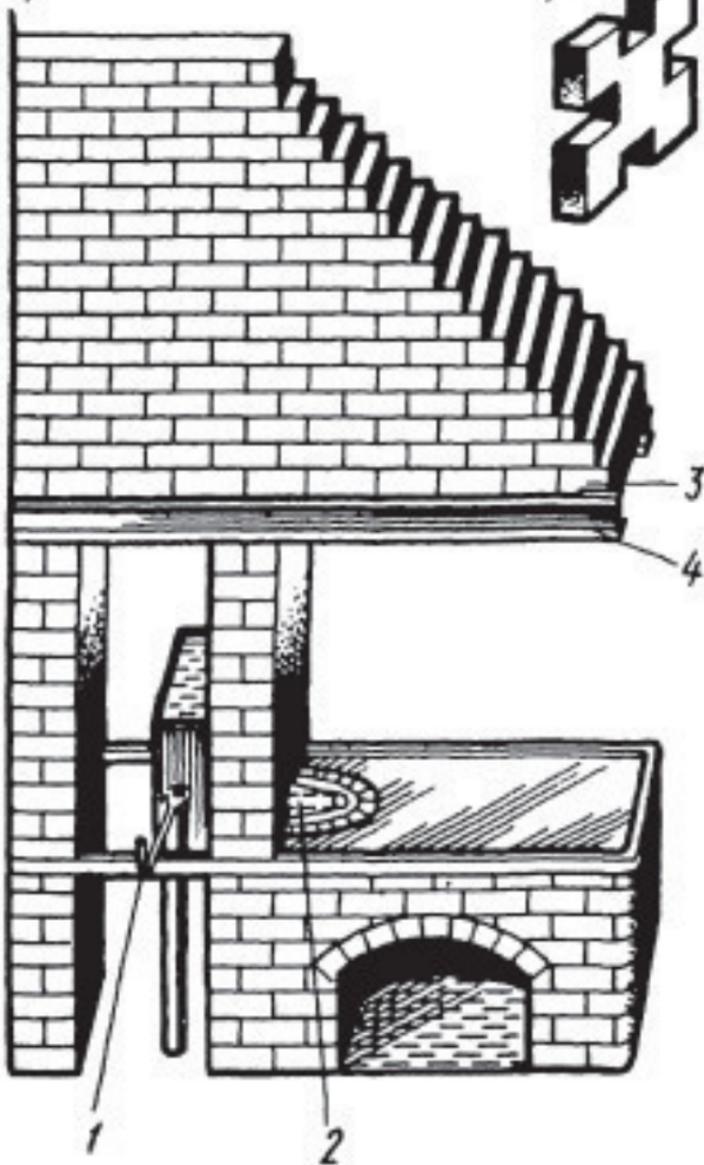
Рассмотрим один из конструктивных вариантов и принцип действия фурмы нижнего дутья (рис. 1.1.3 а). Воздух (от вентилятора или мехов) подводится через патрубок (п. 3) и попадает в корпус (п. 1) фурмы и через чугунную колосниковую решетку (п. 6) в зону горения. Регулирование количества подаваемого воздуха осуществляется рукояткой, которая перемещает заслонку и тем самым перекрывает канал подводящего патрубка (п. 3). Для очистки корпуса фурмы от золы и других отходов горения открывается донная крышка (п. 4), которая в исходном положении прижимается к днищу корпуса грузом (п. 5).

Для создания пламени различного вида следует применять несколько колосниковых решеток с разнообразными формами отверстий для прохода воздуха. Равномерно расположенные круглые отверстия (рис. 1.1.3 б) способствуют образованию факельного пламени, щелевые отверстия (рис. 1.1.3 в, г) – узкого и удлиненного.

При горизонтальном расположении фурмы (слева или сзади; рис. 1.1.4 а) необходимо предохранять стенку горна от прогорания. Обычно для этого используют чугунную фурменную плиту, в которой имеются пазы для ввода конца фур-

мы (рис. 1.1.4 б). При выгорании участка плиты в районе фурмы ее переворачивают на 90° , и фурма устанавливается в другой паз. Чтобы не выгорала сама фурма, следует охладить ее изнутри холодной проточной водой. Внутренний диаметр фурмы в зависимости от размера горна составляет 25–30 мм.

a)



б)



Рис. 1.1.4. *Стационарный горн с кирпичным зонтом. Общий вид (а): 1 – бачок с водой; 2 – водоохлаждаемая фурма; 3 – кронштейны; 4 – зонт; чугунная фурма (б); схема подвески зонта (в).*

Над стационарным горном для сбора и отвода из кузницы дыма и газов устанавливается зонт, который может иметь различное конструктивное исполнение. Размеры нижнего входного отверстия зонта обычно совпадают с размерами стола горна. В качестве задней стенки зонта используется стена здания. Зонты обычно изготавливают из листового железа толщиной 0,5–1,5 мм.

Для лучшего улавливания дыма и газов зонты устанавливают над горном на высоте 400–800 мм, а точная высота уже определяется на месте в зависимости от индивидуальных особенностей горна (рис. 1.1.4 в) – силы дутья, высоты и размеров вытяжной трубы и других параметров. В некоторых случаях зонты оснащаются опускающимися крыльями. Недостаток металлических зонтов в том, что они могут прогореть, а ремонт их сложен и трудоемок. Наиболее долговечны зонты, сложенные из обычного или огнеупорного кирпича. Однако такие зонты значительно тяжелее металлических, и для их поддержки необходима жестко заделанная металлическая рама из уголков или швеллеров, а иногда и дополнительные подпорки по углам.

Более совершенная конструкция открытого горна показана на рис. 1.1.5. Горновая чаша (п.6) с чугунной решеткой (п.5), а также фурма (п.7) с крышкой (п.8) крепятся на сварной металлической подставке (п.9). Воздух от вентилятора подается в очаг горна по трубе (п.10) и регулируется заслонкой (п.11). Уголь (п.4) закладывается на чугунную решетку, а газы удаляются через зонт (п.3) и две трубы (п.1) и (п.2). При прохождении дыма через наружную трубу внутренняя нагревается, что улучшает тягу. Зола и шлак, которые накапливаются на дне зольника, удаляются при открытии крышки (п.8).

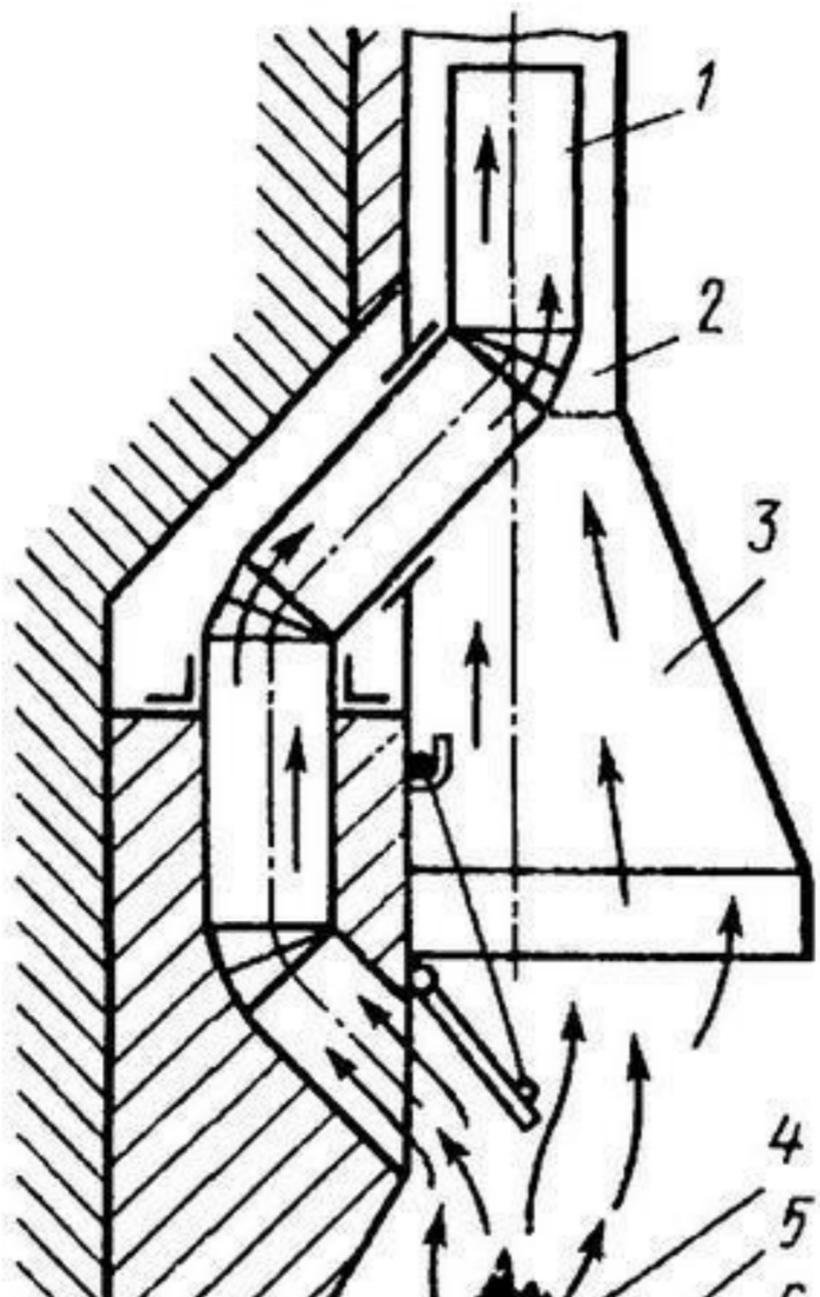


Рис. 1.1.5. *Стационарный горн из металла и кирпича.*

Переносные горны – это цельнометаллические сварные или сборные конструкции, применяемые для нагрева заготовок небольшого размера при ремонтных работах на полевых станах, строительных площадках, в альплагерях, т. е. вдалеке от промышленных предприятий.

Переносной горн (рис. 1.1.6) состоит из металлической рамы (п.5), на которой сверху крепится стол с очагом (п.1) и вентилятором (п.6) для подачи воздуха. Вентилятор приводится во вращение от ножной педали (п.3) через кривошип, маховик (п. 2) и ременную передачу (п. 4). Они имеют небольшой вес и маленькие габариты и поэтому используются дляковки лошадей в полевых условиях, для устройства показательных выступлений кузнецов на различных праздниках и фестивалях. На рис. 1.1.7 показаны переносные горны (конструкции США).

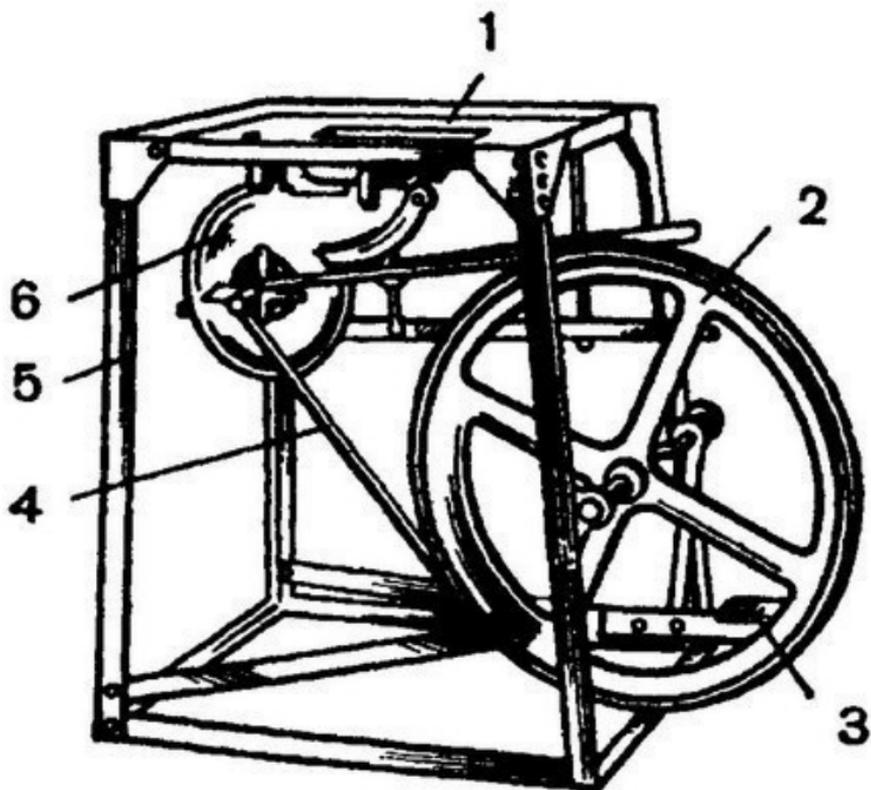


Рис. 1.1.6. *Переносной кузнечный горн.*

Однако все открытые горны, о которых шла речь выше, имеют очень низкий коэффициент полезного действия (КПД – отношение количества теплоты, требуемой для нагрева заготовки, к общему количеству теплоты, получаемой в результате сгорания топлива), он составляет 2–5 %.

Установлено, что для нагрева 1 кг металла до ковочной температуры требуется 1 кг каменного угля. Кроме того, в результате непосредственного соприкосновения металла с каменным углем происходит насыщение поверхности нагреваемого металла серой, что ухудшает механические свойства кованных изделий. Поэтому необходимо закладывать заготовки в горн только тогда, когда уголь хорошо разгорится и сера выгорит. Для повышения КПД открытого горна кузнецы, используя способность каменного угля спекаться под действием высокой температуры, обычно устраивают над очагом куполообразную «шапку» из спекшегося угля и внутрь закладывают заготовки. В результате этого заготовки нагреваются быстрее, а окисляются меньше. Кроме того, экономится уголь.

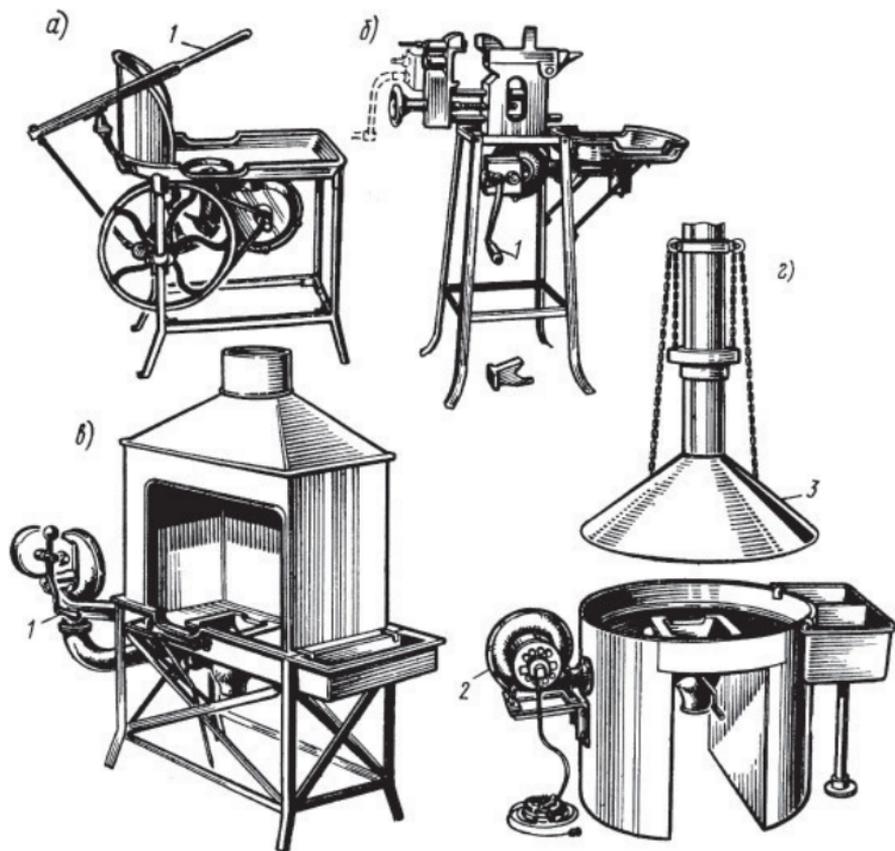


Рис. 1.1.7. *Переносные горны (конструкции США) с ручным (а, б, в) и с электрическим (г) приводом подачи воздуха: 1 – ручной привод; 2 – электрический привод; 3 – регулируемый по высоте зонт.*

Кроме «шапки» над очагом можно сделать печурку из

нескольких кирпичей (рис. 1.1.8) или согнуть П-образно металлический лист. Можно также согнуть пополам заготовку квадратного сечения (16 × 16 мм), оставив небольшую щель (рис. 1.1.9), и установить ее у очага, а все пространство завалить влажным углем. Когда уголь разгорится и шапка спечется, в щель устройства можно будет вставлять заготовки небольшого диаметра.

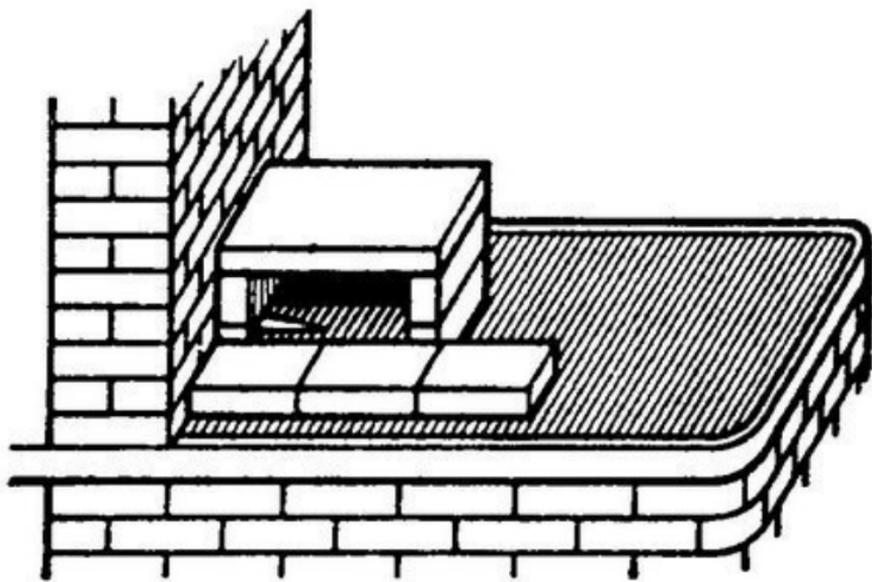


Рис. 1.1.8. Печурка из кирпича.

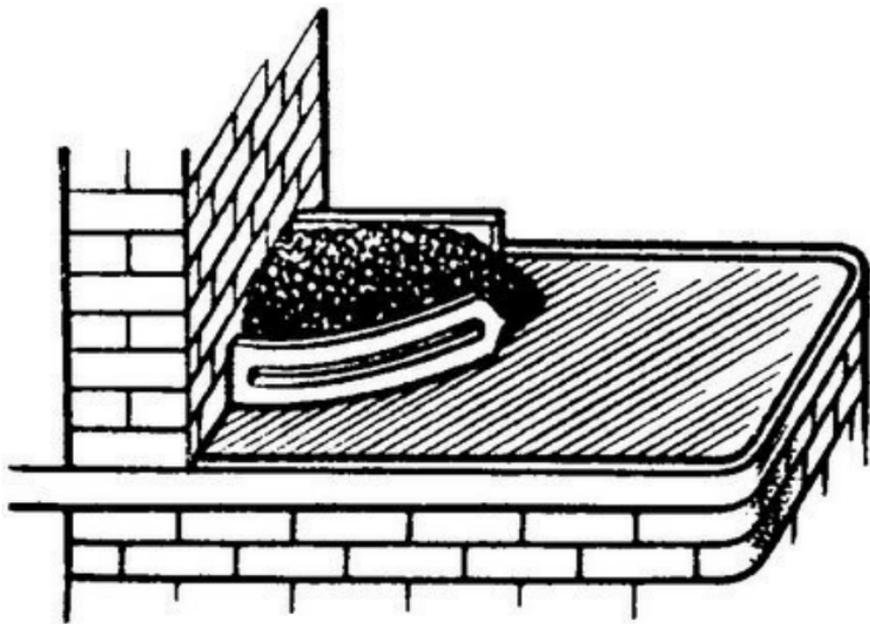


Рис. 1.1.9. *Печурка со щелью.*

Для нагрева крупных заготовок лучше применять шахтные горны (рис. 1.1.10). Такой горн высотой 0,6 м и площадью стола 1 м^2 устанавливается в центре кузницы. Шахта имеет глубину 0,5 м с сечением у основания 300×300 мм, сверху 150×150 мм. Дутье (воздух под давлением) подводится на расстоянии 400 мм от верха горна. Дном шахты служит чугунная заслонка, которая легко выдвигается для очистки горна. После очистки заслонку задвигают и засыпа-

ют тонким слоем золы для предохранения ее от нагревания.

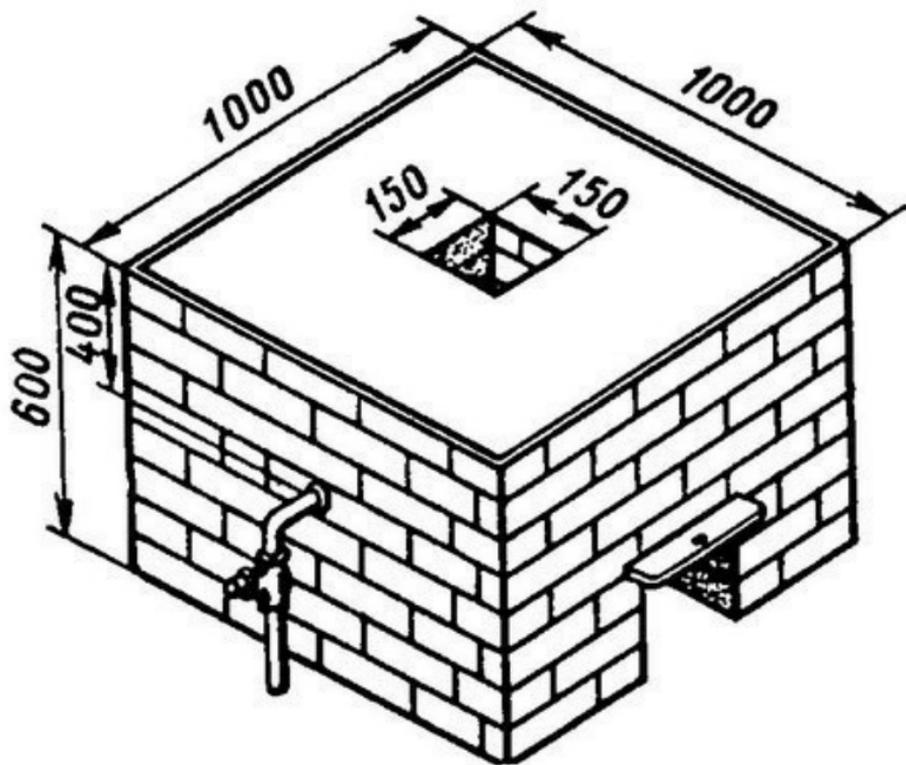


Рис. 1.1.10. Шахтный горн.

Современный стационарный горн закрытого типа (рис. 1.1.11) имеет камеру (п.2), выложенную изнутри огнеупорным кирпичом (п.9), установленную на металлической

подставке (п.7). Уголь засыпается на колосниковую решетку (п.8) через топочный люк (п. 4), в котором имеется окно (п. 3) для «шуровки» топлива. Воздух от вентилятора по трубе (п.5) подается в металлическую коробку (п.6) и далее через отверстия в колосниковой решетке попадает в горновой очаг. Продукты горения через дымоход (п.12) и зонт (п.1) отводятся в атмосферу. Не полностью сгоревший угарный газ СО дожигается вследствие подачи дополнительного воздуха через трубку (п.10). Окно (п.11) служит для загрузки и выгрузки заготовок.

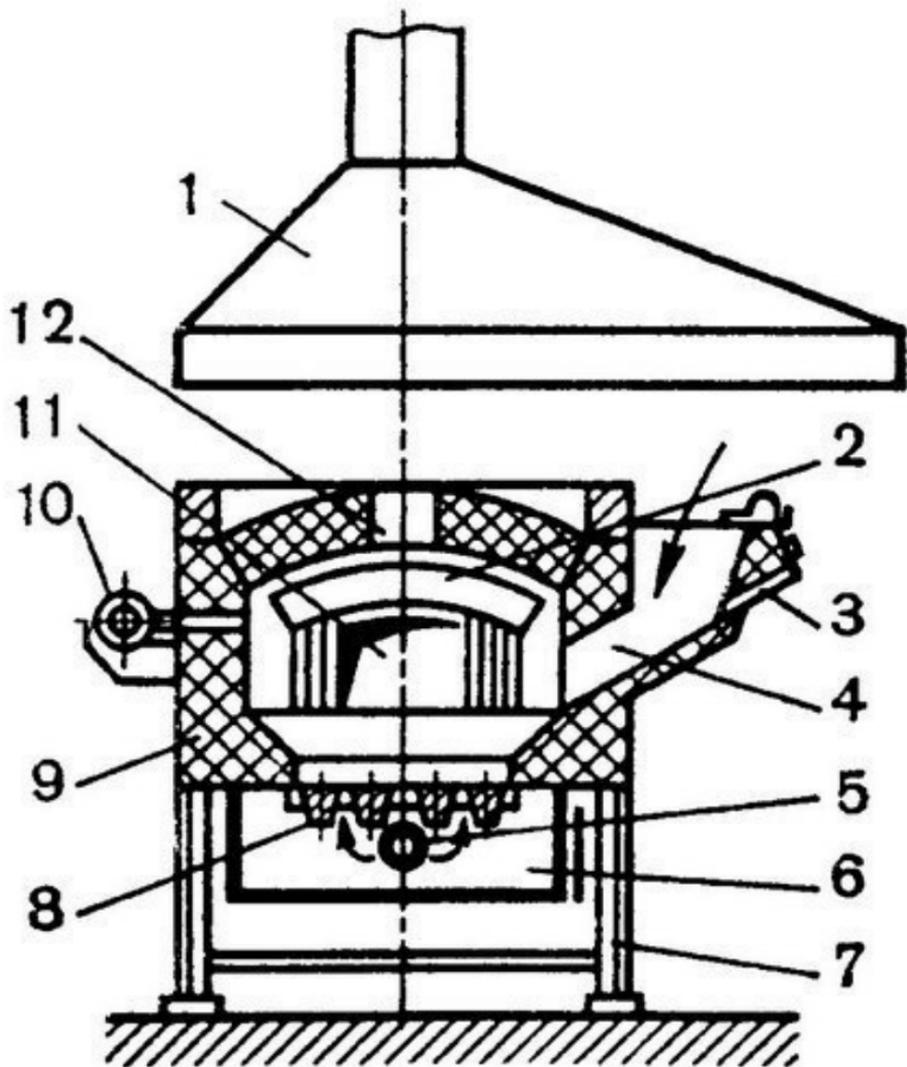


Рис. 1.1.11. Современный стационарный горн закрытого типа.

Горны, работающие на жидком или газообразном топливе, – это нагревательные устройства камерного или шахтного типа (рис. 1.1.12), состоящие из камеры нагрева (п.1) и топочной камеры (п.3). Обе камеры изнутри облицованы огнеупорным материалом. Воздух в камеру поступает по патрубку (п.6) через коническое сопло (п.7) и отверстия (п.9) и (п.8). Топливо подается сверху через воронку (п.5), стекает по соплу (п.7) и подхватывается струей воздуха, распыляется и сгорает. Разжигают смесь через специальное окно (п.4), в которое вводят горящий факел. По мере разогрева камеры увеличивают подачу воздуха и топлива и устанавливают необходимый режим горения.

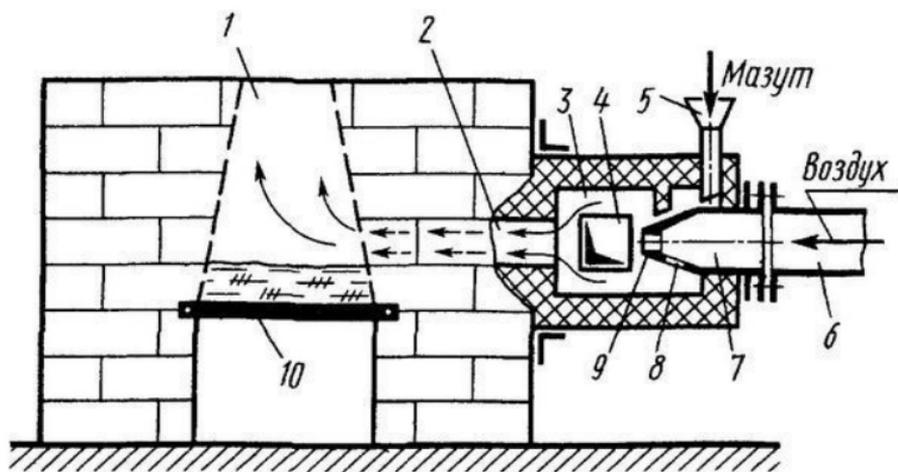


Рис. 1.1.12. Современный стационарный горн закрытого типа.

Кроме горнов различных конструкций и типов, в кузницах применяют *электрические и газовые печи*. Печи по сравнению с горнами имеют ряд преимуществ: заготовка при нагреве практически не соприкасается с топливом, в результате чего она не насыщается серой и другими вредными элементами и меньше окисляется; сгорание топлива в печах более полное, в связи с чем повышается КПД печей до 10–15 %.

В «полевых» условиях, когда необходимо что-то срочно отковать, можно использовать паяльную лампу (рис. 1.1.13 а, б). Три кирпича (п.б) ставятся на торец, на них кладется колосниковая решетка (п.4), а на нее устанавливается печурка (п.1) из четырех кирпичей, в которую засыпается уголь (п.3). Снизу размещается паяльная лампа (п.7) с патрубком (п.5). Горн разжигают, и можно нагревать заготовку (п.2). Более простая конструкция показана на следующем рисунке. Паяльную лампу (п.7) ставят в небольшую ямку, а рядом складывают печурку из огнеупорного кирпича (п.1). Небольшие заготовки (п.2) закладывают в щель между кирпичами. Можно в ямку установить ручной или электрический вентилятор (п.8) и подавать воздух в фурму, установленную в ямке (рис. 1.1.13 в). При работе с такими горнами необходимо следить, чтобы паяльная лампа сильно не разогревалась.

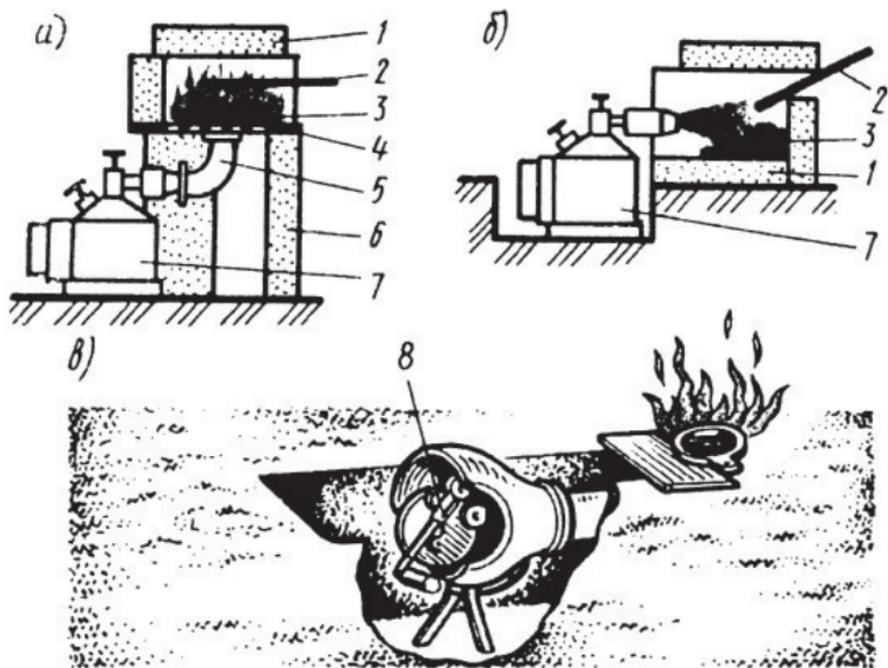


Рис. 1.1.13. Простейшие горны: а, б – с паяльной лампой; в – с вентилятором.

Конструкция легкого переносного горна с бытовым пылесосом показана на рис. 1.1.14. Постамент горна (п.1) сварен из уголков, а стол горна выложен из огнеупорного кирпича. К верхним горизонтальным уголкам приваривается зольник (п.3), сверху которого плотно укладывается чугунная фур-

ма (п.2). На высоте 150 мм от основания к зольнику приваривается патрубок с внутренним диаметром 30 мм, в который вставляется носик шланга (п.4) пылесоса (п.5). При этом необходимо иметь в виду, что шланг должен быть вставлен в верхнее гнездо пылесоса, а нижнюю чашку пылесоса с фильтром снимают, и пылесос устанавливают на подставку.

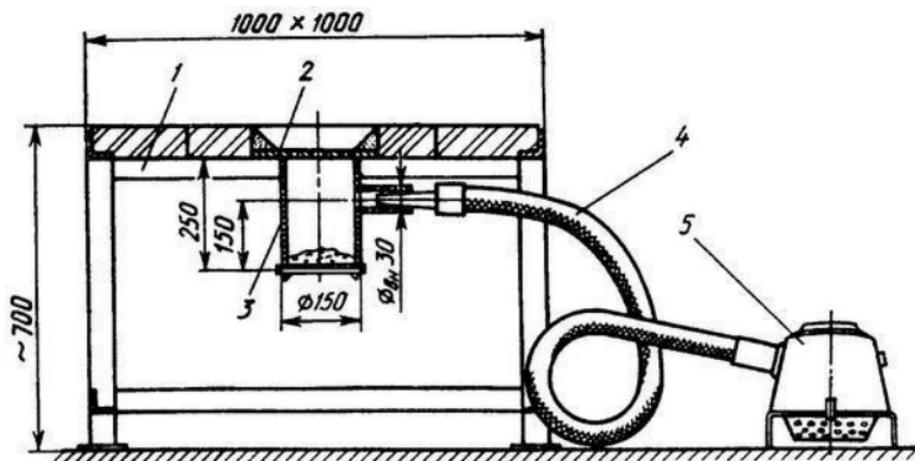


Рис. 1.1.14. Горн с пылесосом.

Воздуходувные устройства. Горячая ковка металлов и сплавов стала возможной только тогда, когда появились надежные воздуходувные устройства. Первыми такими «устройствами» были рабы, которые через тростниковые или деревянные трубки дули в костер. Со временем человек

начал применять для подачи воздуха в костер шкуру (мех) животного – козла или барана, снятую «чулком», т. е. целиком. Все отверстия, кроме двух, в шкуре заделывались, в одно отверстие вставлялась глиняная трубка – сопло, а другое отверстие служило для засасывания воздуха внутрь шкуры. Человек за край отверстия приподнимал шкуру, и воздух поступал внутрь. После этого он ладонью закрывал отверстие и, надавливая на шкуру, выпускал воздух в огонь. Так появились первые воздуходувные устройства – мехи, которые с различными изменениями просуществовали вплоть до XX в. Для создания более равномерного дутья на определенном этапе развития стали применять два меха и давить на них поочередно ногами. Чтобы нога не проваливалась при нажатии, под нее стали подкладывать дощечку – так мешок из меха преобразовался в клинчатые мехи. Основу таких мехов составляли две образующие клин и клиновидные в плане доски, которые шарнирно крепились к массивному деревянному бруску – голове (вершина клина), а с противоположной стороны обтягивались кожей.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.