Металлургия и время

Энциклопедия

ОБЪЕДИНЁННАЯ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ
КОМПАНИЯ

© ЗАО «Объединённая Металлургическая Компания»

Карабасов Ю.С., Черноусов П.И.,
Коротченко Н.А., Голубев О.В.

Металлургия и время

Энциклопедия

Том 2. Фундамент индустриальной цивилизации.
Возрождение и Новое время

МИСиС
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ

Содержание

6 Глава 1. Вода ◆ источник прогресса
Водяные колёса в Древнем мире ◆ Водяные колёса Древнего Китая ◆ Развитие «водной энергетики» в средние века ◆ Новый передаточный механизм ◆ Мельницы для дробления и измельчения руды ◆ Кулачковый механизм ◆ Рычажные молоты ◆ Кривошипный механизм ◆ Применение энергии воды в металлургии ◆ Вододействующие мехи ◆ Тромпа – водотрубная воздуходувка ◆ Каталонский водяной молот ◆ Применение энергии воды в эпоху мануфактурного производства ◆ Групповое использование водяных колёс ◆ «Архимед севера» ◆ Колесо Полхема ◆ Механизация и автоматизация Нового Времени ◆ Предтеча Промышленной революции

28 Глава 2. Эпоха стального костюма
Появление костюма ◆ Романский стиль ◆ Кольчуга ◆ Волочение проволоки и изготовление колец ◆ Плетение железной рубашки ◆ Национальные особенности ◆ Русская броня ◆ Доспехи из ремней и чешуи ◆ Поддоспешная стёганка ◆ Сплошной доспех ◆ Размеры горнов диктуют форму доспехов ◆ Доспехи: железные, стальные или «осталенные»? ◆ Ковка на шаблоне, закалка и отпуск ◆ Подгонка, полировка и украшение ◆ Защита головы ◆ Клейма оружейных мастеров ◆ Корпорации оружейников ◆ Бригандина – светский доспех и первый «выкроенный» костюм ◆ Сословная одежда и законы против роскоши ◆ Явление моды ◆ Декоративная обработка доспехов ◆ Рифлированный доспех ◆ Чулки ◆ Юбка ◆ Корсеты и жилеты ◆ Рыцарский кодекс ◆ Турнирные доспехи ◆ «По единым лекалам»

60 Глава 3. Дьявольское зелье для Промышленной революции
Артиллерия ◆ Селитра ◆ «китайский» снег ◆ Порох, «огненное копьё» и «греческий огонь» ◆ Арабская модфа ◆ «Дымный порох» Бертольда Шварца ◆ Кулеврины, мортиры и бомбарды ◆ Артиллерийские снаряды XIV века ◆ Пушечная бронза ◆ «Медленная» формовка ◆ «Век экспериментов» ◆ Самостоятельный род войск ◆ Государственные артиллерийские мануфактуры ◆ Инициатор «малой» Промышленной революции ◆ Глобальный рециклинг железа ◆ Доменные печи и кричные горны

76 Глава 4. Эльдорадо ◆ символ эпохи географических открытий
Зона высоких цивилизаций ◆ Ацтеки ◆ Ацтекские металлурги ◆ Многокомпонентные сплавы ◆ Священное золото императора ◆ Золото миусков ◆ Эльдорадо – страна «Позолоченного» ◆ Тумбага ◆ Ювелирные технологии гуатавита ◆ Металлы в культурах древнего Перу ◆ Некрополь Сипан ◆ Чимор ◆ Великие инки ◆ Колькас и кипу ◆ Золотые и серебряные города инков ◆ «Пот солнца» и «слёзы луны» ◆ Кориканча ◆ Золотой квартал ◆ Золотые ювелирные шедевры и банальные слитки

100 Глава 5. Изобретение Гуттенберга ◆ мост в Новое время
Древние печати ◆ Ксилография ◆ Подвижные литеры ◆ Иоганн Гуттенберг ◆ Сущность изобретения ◆ Словолитный прибор: стальной пуансон, медная матрица ◆ Типографский сплав – гарт ◆ Печатный пресс ◆ Типографская краска ◆ Распространение книгопечатания ◆ Иллюстрации

114 Глава 6. Белая жесть ◆ инновационный материал эпохи Возрождения
Защита от коррозии ◆ Добыча и подготовка оловянной руды ◆ «Промывные ставы» ◆ Планенгерды и шлемграбены ◆ Обжиг и плавка руды ◆ Производство жести ◆ Лужение

124 Глава 7. Пионер прикладной науки
Молодой математик ◆ Французская Академия наук ◆ «Описание искусств и ремесел» ◆ Основоположник научной металлургии ◆ Теория флогистона ◆ Лаборатория Реомюра ◆ Теория науглероживания железа ◆ Цементация стали по Реомюру ◆ Начало металловедения ◆ Умягчение чугуна, производство якорей и лужение жести ◆ Международное признание

136 Глава 8. «Черный» фундамент Промышленной революции, или Что же изобрели Дарби?
Развитие доменного производства в Новое время ◆ Проблема обезлесения ◆ «Всепожирающие заводы» ◆ Новые лидеры ◆ Предыстория использования каменного угля ◆ «Морской уголь» ◆ Специфика металлургического топлива ◆ Первые патенты ◆ Симон Стюртевант – философ и изобретатель ◆ Дад Дадли ◆ «Metallum Martis» ◆ Безуспешные попытки ◆ Коалбрукдейл ◆ Абрахам I Дарби ◆ Успешные опыты Абрахама II Дарби ◆ Сущность изобретения Дарби

154 Глава 9. Полуметаллы и Революция в естествознании
Металлы в гармонии мироздания ◆ Георг Брандт ◆ Цинк ◆ Пылеуловители средневековья ◆ Сурьма ◆ Плавка сурьмы по Агриколе ◆ «Хищный символ» ◆ Средневековая металлотермия ◆ Висмут ◆ Кобальт ◆ Чудеса превращения ◆ Никель: революция в естествознании

168 Глава 10. Пудлинговое железо
Оздоровление чугуна ◆ Кричная фабрика ◆ Проблема «во весь рост» ◆ Искусный комбинатор Генри Корт ◆ Совершенствование технологии ◆ Самая «мускульная» технология эпохи механизации

180 Приложение. Агрикола и Бирингуччо: «А» и «Б» металлургической науки
Георгий Агрикола ◆ Ванноччо Бирингуччо ◆ Предшественники ◆ «Пиротехния» ◆ Профессиональная этика Возрождения ◆ «12 книг о металлах» ◆ Разные судьбы энциклопедий

188 Приложение. Цементационная и тигельная сталь Мануфактурной эпохи
«Металлургические путешествия» Габриэля Жара ◆ Тигельная сталь Бенджамина Хантсмена ◆ Конкуренция и лоббирование в эпоху Промышленной революции ◆ На пороге Индустриализации ◆

194 Приложение. Божественный творец (место и роль кузнеца в мифологической картине мира)
Архетип кузнеца ◆ Культурный герой ◆ «Боги мгновения» ◆ Метаморфоза Гефеста ◆ «Канонический» образ Гефеста ◆ Характер и внешность мифологических кузнецов ◆ Обособленность кузницы ◆ Покровитель семьи и брака ◆ Создатель божественных атрибутов ◆ Гармония, музыка и правильный миропорядок ◆

204 Рекомендуемая литература

207 Указатель имен и названий

214 Хронологическая таблица

Глава 1

Вода – источник прогресса

Дайте рукам отдохнуть, мукомолки; спокойно дремлите,

Хоть бы про близкий рассвет громко петух голосил:

Нимфам пучины речной ваш труд поручила Деметра;

Как зарезвились они, обод крутя колеса! Видите?

Ось завертелась, а оси кручёные спицы

С рокотом движут глухим тяжесть двух пар жерновов.

Снова нам век наступил золотой: без труда и усилий

Начали снова вкушать дар мы Деметры святой.

Антипатр Фессалоникский. Водяная мельница. I в.

Формирование структуры современного промышленного производства, как правило, относят к периоду середины XVIII – середины XIX в. В это время человек овладел энергией пара и на смену ручному труду пришли паровые машины. Этот переход к машинному производству обычно рассматривают как скачкообразный и называют Промышленной революцией. Однако исторические факты свидетельствуют, что задолго до XVIII столетия ручной труд начали заменять механизмами, приводимыми в действие силами природы, прежде всего – водяными колесами. В авангарде процесса механизации находилось горнометаллургическое производство. Результаты последних исследований показывают, что зарождение промышленности в Европе и в мире представляет собой эволюционный процесс, начавшийся, по меньшей мере, в VIII–IX в., когда европейцы стали активно использовать энергию воды при выплавке и обработке металлов.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

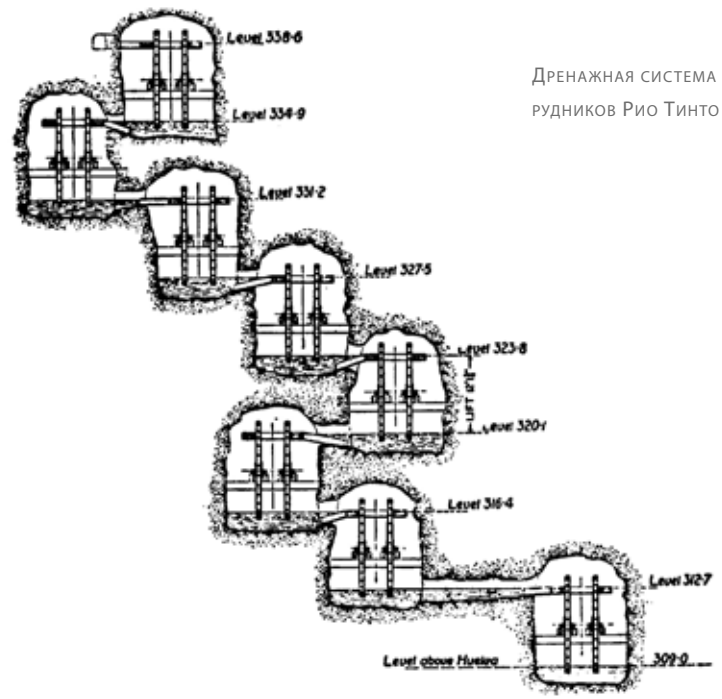
Фундаментом современного общества являются технологии, для которых требуется огромное количество топливных ресурсов – угля, нефти, природного газа. Только каменного угля ежегодно потребляется свыше 6 млрд т – в среднем около тонны на каждого жителя планеты. В индустриально развитых странах этот показатель ещё выше: в Германии – 7 т, в США – более 10 т. Между тем именно традиционная топливная энергетика оказывает самое сильное воздействие на природную среду, выбрасывая в атмосферу оксиды серы и азота, парниковые газы, производя огромное количество токсичных шламов. Альтернативные источники энергии – солнце, вода и ветер – индустриальной цивилизацией практически не используются. Но так ли мал их потенциал? Вода и ветер были неотъемлемыми компонентами металлургического производства с момента его появления; накоплен уникальный опыт, который, быть может, будет востребован уже в ближайшем будущем цивилизацией, главным приоритетом которой станут экологически чистые технологии.

ВОДЯНЫЕ КОЛЁСА В ДРЕВНЕМ МИРЕ

Воду можно использовать как источник энергии с помощью различных приспособлений, но наиболее распространённым является устройство, представляющее собой колесо с лопастями или черпаками. Такое колесо можно устанавливать горизонтально или вертикально. В эпоху Древнего мира использовали и горизонтальные, и вертикальные водяные колеса, но ни те, ни другие не получили широкого распространения. Например, в книге «De architectura» (I в. до н. э.) римский архитектор Марк Витрувий Поллио дал описание водяного (подливного) колеса как редко используемого технического устройства. Вообще в древних документах упоминания об использовании энергии воды приводятся очень редко. В это время инженеры использовали вращательное движение водяного колеса в двух целях – для помола зерна и в качестве черпаковых подъёмников воды – норий. Арабское «наора», от которого затем произошло испанское нориа (noria), собственно и означает «подливное водяное колесо».

В качестве водоподъёмных устройств водяные колёса получили широкое распространение в первую очередь на Ближнем Востоке в эллинистическую эпоху, к которой относится самое раннее упоминание о них в техническом трактате «Pneumatica» греческого «инженера» Филона Византийского (около 280–220 гг. до н. э.). Речь в трактате идёт о механизме осушения доков Александрии. Римляне применяли колёса для откачки воды из шахт. Например, в испанских медных рудниках Рио Тинто вода откачивалась с горизонта –24 м системой из 16 норий.

В нориях передаточные механизмы не применялись. В первых водяных мельницах шестерни также не использовались: небольшое горизонтальное колесо с лопастями укреплялось на нижнем конце вертикального вала, а верхний конец вала соединялся непосредственно с жерновом. Впоследствии в мукомольных мельницах использовалась ортогональная передача. Шестерни, установленные на оси колеса, позволяли передать вращательное движение из вертикальной плоскости в горизонтальную и сообщить вращение жерновам. Использование колен-



Дренажная система рудников Рио Тинто

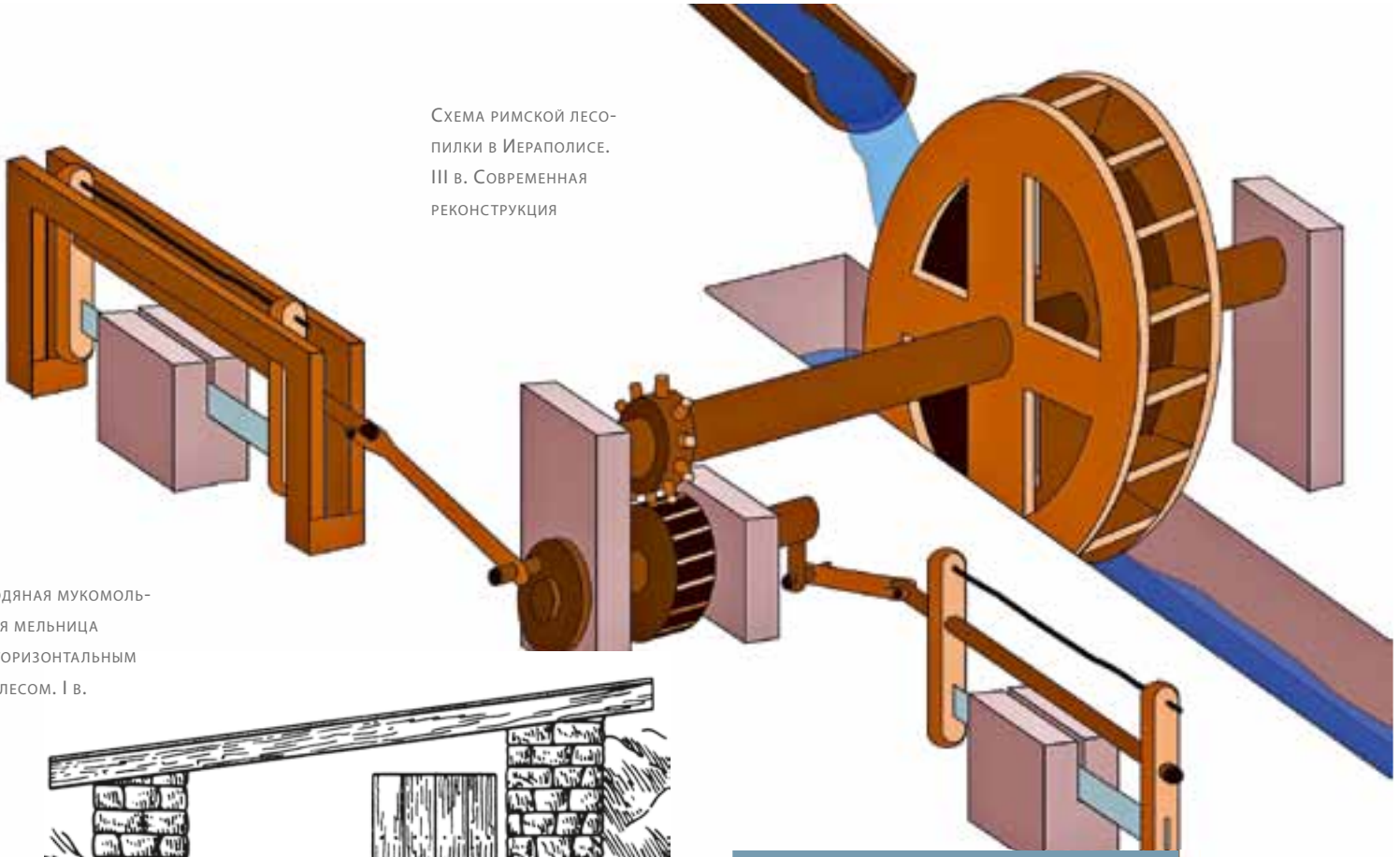
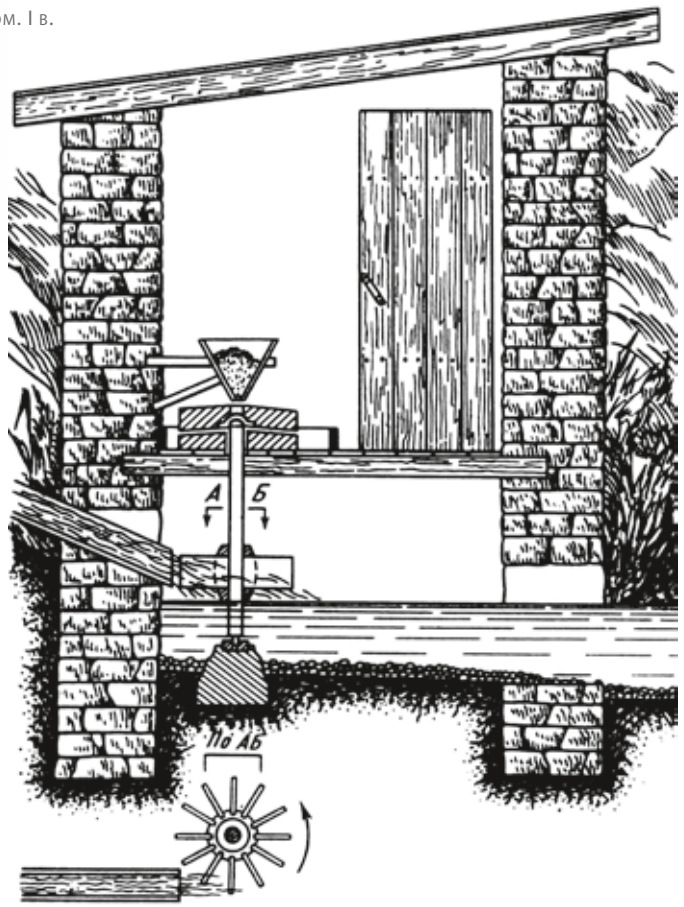


Схема римской лесопилки в Иераполисе. III в. Современная реконструкция



Водяная мукомольная мельница с горизонтальным колесом. I в.

Водяные колеса различных конструкций:
а – горизонтальное;
б – подливное;
в – верхнебойное

чатого вала и шатуна для организации возвратно-поступательного движения впервые было применено римлянами на лесопилке в малоазиатском г. Иераполисе (территория современной Турции).

Водяные колёса могут вращаться либо в горизонтальной плоскости на вертикальной оси, либо в вертикальной плоскости на горизонтальной оси. Горизонтально вращающиеся колёса – предшественники гидравлических турбин – часто называли скандинавскими мельницами. Постройка мельниц такого типа обходилась недорого, но они были маломощными (менее 1 л. с.), а коэффициент их полезного действия (КПД) составлял всего 5–15 %, поэтому скандинавские мельницы не получили широкого распространения и применялись только для помола зерна.

Вертикальное колесо подливного типа, приводится в движение потоком воды снизу.

Ранние вертикальные колёса были подливного типа, они приводились в движение потоком воды снизу. Достоинство подливных колёс – простота изготовления и установки. Подливные колёса имели на ободе плоские закругленные лопасти и могли работать почти в любых обильных потоках с умеренной скоростью воды, но наиболее эффективны они были в узких протоках. Эти вертикальные колёса были в 3–5 раз мощнее горизонтальных, а их КПД достигал 30 %.

В конструкции верхнебойных колёс вода падала сверху в черпаки, приделанные к ободу колеса. В этом случае колесо приводилось в движение не столько за счет удара воды, сколько под действием силы тяжести. Внизу вода выливалась из черпаков, они поднимались вверх, вновь наполнялись водой, и процесс повторялся. Строительство верхнебойных колёс обходилось дороже, чем подливных или горизонтального типа, поскольку для них требовался большой напор воды, для создания которого необходимо было сооружать плотины, запруды и поднимать уровень русла водного канала. В наиболее благоприятных условиях – на мелководье при высоте падения воды от 3 до 12 м – вертикальные колеса имели коэффициент полезного действия 50–70 %, а их мощность в зависимости от условий работы составляла от 2 до 40 л. с.

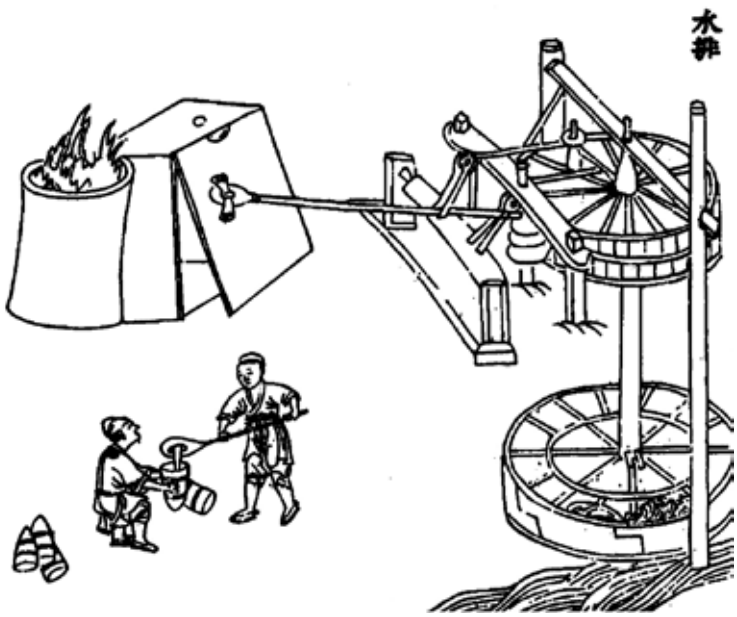
ВОДЯНЫЕ КОЛЁСА ДРЕВНЕГО КИТАЯ

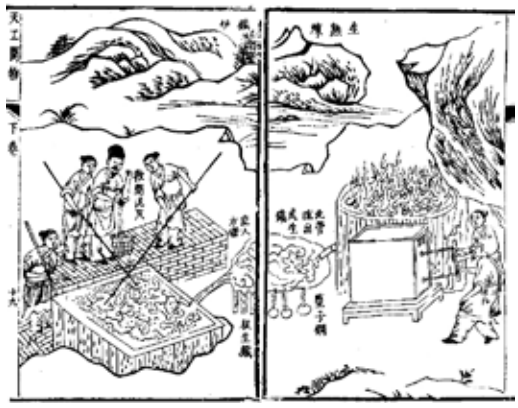
Широко применялись водяные колёса в Китае, что подробно описывается, например, в книге Сун Инсина «Тян гун кай у» (Вещи, рождённые трудами неба). Эта техническая энциклопедия вышла в свет в 1637 г. и представляет собой описания самых различных производств, снабжённые рисунками станков, приспособлений и технических приёмов. Помимо прочего, содержит подробное описание металлургического производства Китая начала XVII в. от добычи руды до процесса обезуглероживания чугуна.

Горизонтальное водяное колесо. Китай. Иллюстрация из энциклопедии Сун Инсина «Тян гун кай у»

Несмотря на то что китайские водяные колеса, особенно на раннем этапе использования, были горизонтальными, их оригинальная конструкция позволяла увеличить мощность, что давало возможность применять их во всех отраслях хозяйства. Уже в 1-м тысячелетии до н. э. такие колёса широко применялись на мельницах и в металлургии. Именно при производстве металла водяные колёса в то время сыграли важную роль, такую же как позднее в металлургии Европы.

В середине 1-го тысячелетия до н. э. китайцы заменили ручные кожаные мехи более совершенными ящичными мехами двойного действия, которые подробно описаны в книге Ван Чжэня «Нун шу» (Книга о земледелии,





Ящичные мехи с водяным (наверху) и ручным (справа) приводом: верхняя – иллюстрация из энциклопедии Сун Инсина «Тян гун кай у»; справа – иллюстрация из книги Ван Чжэня «Нун шу»

1314 г.), содержащей технологии производства железных изделий, применяемых в сельском хозяйстве. Эти мехи состояли из длинной прямоугольной полости, в которой передвигался поршень, приводимый в действие рабочим. Для герметичности поршень обкладывался перьями или тряпками. На концах коробки были установлены клапаны. Воздух нагнетался при прямом и обратном движении поршня благодаря действию переключающихся клапанов. Эти мехи обеспечивали равномерное дутье, также они снабжались соплами с железными наконечниками, что увеличивало эффективность. В результате удалось повысить температуру процесса настолько, что основным продуктом при выплавке железа стал жидкий чугун.

Использование силы воды для приведения в действие мехов плавильной печи началось, согласно официальной хронике, в 31 г., когда Ду Ши, чиновник из Наньяна, изобрел возвратно-поступательный механизм, работающий от водяного колеса. Преобразование вращательного движения в возвратно-поступательное осуществлялось эксцентриком и системой рычагов. Приводимые в действие водой мехи (шуй пай) были признаны удобными и получили повсеместное распространение. Это устройство заметно уменьшало трудоёмкость получения металла и улучшало его качество. Дальше мы рассмотрим эволюцию дутьевой техники в Европе, здесь же отметим, что двухсторонние поршневые насосы с водяным приводом появились в Европе только в XVI в., хотя односторонние поршневые насосы были известны с II в. до н. э.

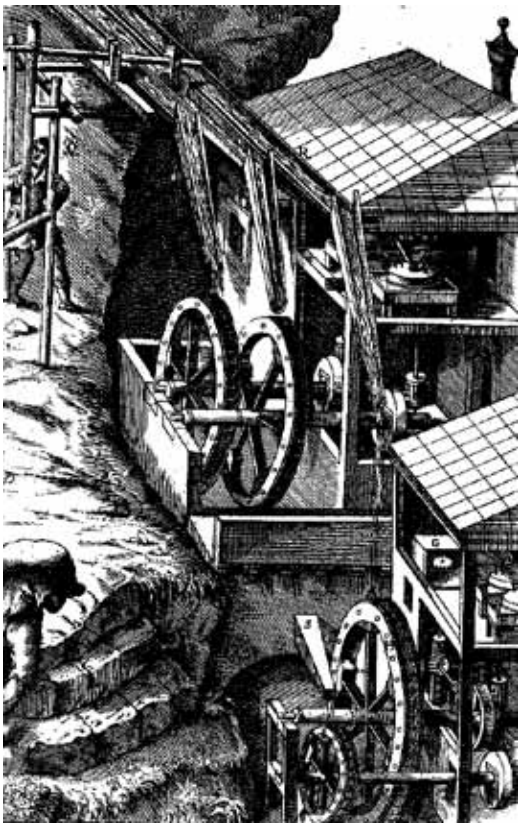
РАЗВИТИЕ «ВОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ» В СРЕДНИЕ ВЕКА

Социальные и экономические условия, сложившиеся в Европе в раннем средневековье, определяли потребность в поиске источников энергии и создании механизмов, способных заменить ручной труд. Один из факторов, оказавших существенное влияние на развитие техники в Западной Европе, связан с появлением монастырей, жизнь в которых регламентировалась уставом Бенедикта Нурсийского, принятым в начале VI в.

Правила этого устава предписывали монахам в строго определённое время заниматься физическим трудом и духовными делами – размышлением, чтением книг и молитв. Монастырям следовало иметь самостоятельное хозяйство и быть изолированными от мирской жизни. Устав Бенедикта Нурсийского побудил монахов к сооружению водяных установок, потому что только при условии механизации трудоёмких ручных работ, таких как помол зерна, монастыри могли самостоятельно существовать, а их обитатели – иметь время для чтения книг и молитв. Наиболее активным в строительстве таких установок был цистерцианский монашеский орден, включавший к началу XIV в. более 500 монастырей. Все они имели водяные мельницы, причём многие по пять и больше.

Распространению водяных механизмов в Европе способствовали и феодалы, видевшие в них важное средство увеличения доходов. Во многих областях Европы сеньоры заставляли крепостных привозить свое зерно для обмолота только на их мельницы. Эта монополия, первоначально ограничивающаяся помолом зерна, впоследствии распространилась и на другие виды работ (например, валку сукна), выполняемых с помощью водяных механизмов.

Расширению сферы применения энергии воды в средние века способствовали также и другие факторы – демографические и географические. Избыток рабочей силы, характерный для Римской империи в период её расцвета, к VII столетию в Европе был уже исчерпан. Последовавшая вслед за этим нехватка рабочей силы вслед-



Мельничный комплекс с системой верхнебойных водяных колёс. Гравюра из книги Vittorio Zonca «Novo teatro di machine». 1607 г.

ствие эпидемий и набегов с Востока и Севера заставляла прибегать к использованию механизмов, заменяющих труд человека. Этому способствовали и географические условия. В то время как центр античной цивилизации находился в средиземноморском бассейне, где уровень воды в реках из-за сухого климата был неустойчив и подвержен сезонным колебаниям, центры средневековой европейской цивилизации располагались в бассейнах рек, впадающих в Бискайский залив, пролив Ла-Манш, Северное и Балтийское моря. В этих районах протекали сотни небольших и средних рек с практически постоянным уровнем воды, что создавало благоприятные условия для использования водяных колес.

Вследствие упомянутых социальных, экономических и географических факторов масштабы использования энергии воды в Европе в средневековье постоянно увеличивались. К началу эпохи Возрождения водяные колеса применялись в Европе повсеместно. В некоторых регионах концентрация установок, приводимых в действие энергией воды, была сопоставима с техническим оснащением фабрик в период Промышленной революции.

Наиболее точные сведения о количестве водяных мельниц содержатся в земельной переписи, проведенной по приказу Вильгельма I Завоевателя. В конце XI в. на английских землях, завоёванных нормандскими феодалами, насчитывалось 5624 водяные мельницы в более чем 3000 поселений – в среднем по одной мельнице на 50 хозяйств. В некоторых районах мельницы размещались вдоль одной реки на расстоянии не более 500 м друг от друга.

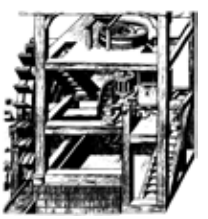
Спустя 600 лет, в 1694 г., французский военный инженер маркиз де Вобан отмечал, что во Франции имеется 80 тыс. мукомольных мельниц, 15 тыс. мельниц, используемых в промышленных целях, и 500 мельниц для измельчения железной руды. В общей сложности Франция располагала почти 100 тыс. мельниц (хотя некоторые мукомольные приводились в движение не водой, а ветром).

Использование водяных колёс – предшественников паровых машин – было характерно и для России. В описи притоков средней части Днепра (от реки Суллы до реки Ворсклы) 1666 г. перечислены 50 плотин и 300 водяных колес. Только на одной реке Удай учтено 72 водяные мельницы.

НОВЫЙ ПЕРЕДАТОЧНЫЙ МЕХАНИЗМ

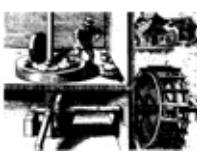
В средние века получила развитие идея использования водяного колеса с зубчатым сцеплением для передачи вращения из вертикальной плоскости в горизонтальную. Большое подливное колесо заставляло вращаться два зубчатых колеса, посредством которых вращение в вертикальной плоскости преобразовывалось во вращение в горизонтальной плоскости. Жерновые камни размещались в верхней секции мельницы; мука ссыпалась в ящик, который располагался ниже – сбоку от зубчатых колёс.

В IX в. во Франции традиционные водяные мукомольные мельницы были усовершенствованы и превращены в мельницы с катящимся жерновом. Их особенность заключалась в том, что верхний жернов катился по нижнему, а не вращался на нем, соприкасаясь всей поверхностью.



Мельница с большим подливным колесом

К XI в. зубчатые сцепления, передающие вращательное движение из вертикальной плоскости в горизонтальную, были усовершенствованы и использовались для сообщения движения бегунам – жерновым камням цилиндрической формы, катящимся по кругу. Такие цилиндрические бегуны предназначались для раздавливания, а не дробления. Водяные мельницы с цилиндрическими жерновами стали использовать для выдавливания масла из оливок, толчения дубовой коры с целью получения дубильного вещества– танина, измельчения сахарного тростника. В XIII–XIV вв. такие мельницы применяли для раздавливания семян горчицы, перца, а также красящих веществ.



Мельницы с катящимся жерновом. Гравюра из книги Vittorio Zonka «Novo teatro di machine». 1607 г.

Вертикальные водяные колёса были приспособлены для выполнения различных операций в области металлообработки, металлургии и горного дела. Характерным примером могут служить станки для заточки и шлифовки металлических режущих изделий. Ранние упоминания о таких станках относятся к началу XIII столетия. В них использовались зубчатые передачи; шестерни предназначались для повышения скорости вращения и в некоторых случаях для изменения направления вращения точильных камней, закрепленных на валах, перпендикулярных оси водяного колеса. Другими примерами новых областей применения энергии воды являются токарные и сверлильные станки (XIV в.), роликовые станки для получения металлических листов из цветных металлов и ротационные резаки для их разрезания, вентиляторы для шахт, шахтные подъёмники, насосы для шахт с цепным приводом, мельницы для дробления руды (XV в.).

МЕЛЬНИЦЫ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДЫ

В труде Георгия Агриколы «12 книг о металлах» подробно описываются несколько мельниц для дробления руды различных конструкций. Вот что пишет Агрикола о мельнице, которая применялась для измельчения золотоносных и оловянных руд: «Золотую руду, раздробленную молотами или раскрошенную толчейными пестами, равно как и оловянную руду, перемалывают в порошок. Мельница, приводимая в движение действием воды, имеет следующее устройство. Устанавливается вал, сделанный при помощи циркуля цилиндрическим или многогранным. Его железные цапфы вращаются в раздвоенных железных подпятниках, укрепленных в балках. Вал приводится в движение колесом, снабженным с наружной стороны лопастями, в которые бьет струя воды. На вал

Мельница для дробления золотоносной руды: A – вал; B – водяное колесо; C – зубчатое колесо; D – цевочное колесо; E – железный вал; F – жернов; G – воронка; H – круглый лоток; I – желоб. Гравюра из труда Георгия Агриколы «12 книг о металлах»

Хама – город норий
Первые нории в Хаме (Сирия) были сооружены около 5 тыс. лет назад. Хама по праву считается родиной водяных колёс. Сегодня в Хаме работают шестнадцать норий. Диаметр самой большой – Мухаммадии – составляет 21 м. Всего в провинции около 70 норий. Все они имеют собственные имена: «Хусами», «Ад-Дахше», «Ад-Даура» и другие. Как и тысячи лет назад, нории продолжают работать и снабжают водой городские сады, мечети и часть города. Так, нория в районе Шейх-Мохиддин функционирует как водоподъемник и привод мельницы; Хусамия и ад-Дахше, снабжют водой старый город; ад-Даура и другие вдоль русла Оронта – подают воду в частные сады. Также функционирует нория Ма'амурия неподалеку от центра города, колесо которой весит 200 т, а почти пятиметровая ось – 5 т.

Мельница для толчения золотоносной руды:
A – колесо;
B – вал;
C – песты;
D – круглый приемник в жернове;
E – отверстие в жернове;
F – нижний жернов;
G – круглое углубление в нижнем жернове;
H – выносное отверстие в нижнем жернове;
I – малая железная ось;
K – втулка малой железной оси;
L – балка;
M – цевочное колесо на малой железной оси;
N – зубчатое колесо вала;
O – кади;
P – планки;
Q – малые вертикальные оси;
R – утолщенная часть малых вертикальных осей;
S – мешалка;
T – цевочное колесо;
V – малый горизонтальный валик, вставленный в вал;
X – зубчатые колеса малого горизонтального валика.
Гравюра из труда Георгия Агриколы «12 книг о металлах»

насажено зубчатое колесо с зубьями сбоку обода, приводящее в движение цевочное колесо с цевками из весьма твердого материала. Цевочное колесо насажено на другой железный вал, имеющий снизу цапфу, вращающуюся в железном подпятнике, укрепленном в балке. Верхний конец вала железной втулкой (в виде ласточкина хвоста) закреплен в жернове. Таким образом, когда зубья колеса вращают цевочное колесо, вращается и жернов, к которому через подвешенную воронку подается руда. Размолотая в порошок руда поступает с круглого деревянного лотка в желоб и сыплется по желобу на пол, образуя кучу. Размолотую руду отвозят и откладывают для промывки».

Для обработки золотоносной руды создавались целые вододействующие комплексы, в которых совмещались операции измельчения породы и извлечения золота с помощью ртути. Подробное описание технологии также находим у Агриколы: «Налаживают устройство, которое одновременно дробит, размалывает и промывает золотую руду и смешивает её с ртутью. В нём одно лишь колесо A, вращаемое силой воды, поступающей на его лопасти, которые дробят сухую руду. Руда дальше попадает в круглый приёмник D жернова F и, постепенно проскальзывая сквозь его отверстие E, размалывается в муку. Нижний жернов снаружи четырёхугольный, но имеет круглое углубление, в котором вращается круглый жернов-бегун, и выносное отверстие H, через которое рудная мука сыплется в первую кадь. Конец железной оси жернова вставлен в поперечный брус, укрепленный в верхнем жернове, а верхняя цапфа вставляется в гнездо в балке L. Сидящее на этой оси цевочное колесо M приводится в движение зубчатым колесом, сидящим на главном вале N, и вращает жернов. Рудная мука с водой поступает в первую кадь O так же, как и вода, которая течет из неё дальше во вторую кадь, стоящую ниже, из нее – в третью кадь – ещё ниже, и обычно ещё в бак, выдолбленный из колоды.

В каждую кадь помещают ртуть. К каждой кади прикреплена планка P с отверстием посередине, через которое проходит вертикальная ось Q. К нижнему концу оси прилажены три перекрещивающиеся планки, образующие мешалку S. На ось насажено цевочное колесо T, которое вращается маленьким зубчатым колесом X, сидящим на горизонтальном вале V. Таким образом, планки, которые вращаются в каждой кади, основательно взбалтывают рудную муку, смешанную с водой, и при этом отделяют также мельчайшие частицы. Ртуть вбирает их и очищает, а примеси уносит с собой вода. Затем ртуть выливают в кусок мягкой кожи, собранной в виде сумы, или хлопчатобумажную ткань и выжимают сквозь них. Ртуть вытекает в подставленный горшок, а в ткани остаётся чистое золото».

КУЛАЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ

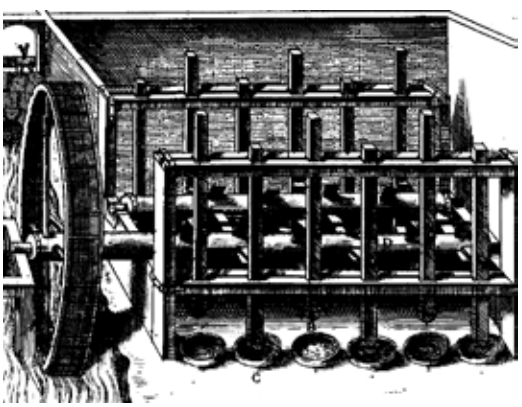
Хотя вращательное движение водяных колес с устройствами, позволяющими повышать или понижать скорость или менять плоскость вращения, можно было приспособить для выполнения многих видов работ, были и такие процессы, для механизации которых требовалось не вращательное, а возвратно-поступательное движение. К их числу относились многие металлургические процессы, связанные с ударной обработкой, такие как дробление руды перед плавкой и ковка металлов (прежде всего – железа и стали). Для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное с целью приведения в действие ударных устройств средневековые мастера применяли кулачковый и кривошипный механизмы.

Кулачковый механизм, получивший свое название от входящего в его состав кулачка – небольшого выступа на оси, был изобретён в античную эпоху и поначалу использовался в простейших устройствах. В установках с водяным колесом кулачки применялись для приведения в движение молотов.

Наиболее распространенными являются две конструкции кулачкового механизма. В механизме вертикального типа вращающийся на горизонтальном валу кулачковый выступ периодически подводится под выступ на вертикальном стержне (штанге) с молотом и поднимает его вверх. По окончании зацепления выступов стержень с прикрепленным к нему молотом падает вниз и совершает удар. В другой конструкции кулачковый выступ заходит за нижний конец молота, укрепленного на горизонтальном стержне (рычаге), и поднимает его. По мере дальнейшего вращения кулачка молот соскакивает с него и производит удар.

РЫЧАЖНЫЕ МОЛОТЫ

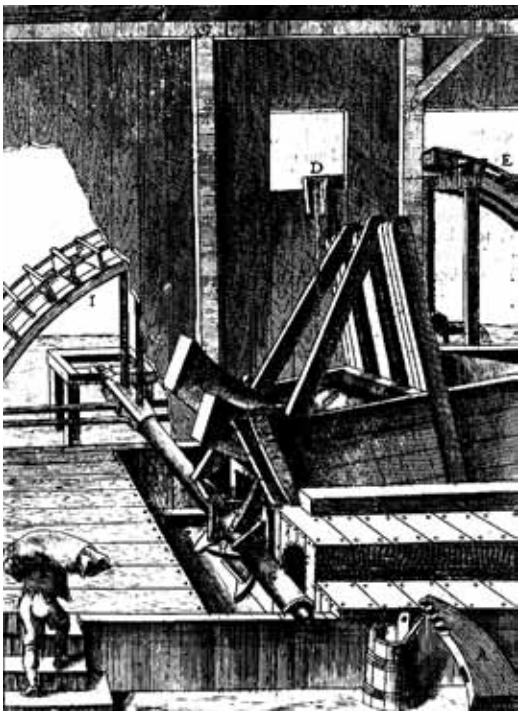
Рычажные молоты, приводимые в движение водяным колесом, уже в IX в. часто использовались вместо жерновов в солододробилках, но самое широкое распространение они получили в X–XI вв. для выделывания сукна и пеньки. Сотканную из шерстяной пряжи ткань нужно было



Дробильная машина для приготовления составляющих порохового производства с приводом от подливного водяного колеса. Гравюра из книги Vittorio Zonca «Novo teatro di machine». 1607 г.

отбивать в очищающих растворах. В результате ткань избавлялась от остатков жира и давала усадку до того, как её использовали для пошива одежды. Шерстяные нити при такой обработке сваливались, и ткань становилась прочнее.

К началу XIII в. механизированное производство сукна стало почти повсеместным в Западной Европе. В Англии, например, самое раннее упоминание об использовании сукновального станка с водяными колесами относится к 1185 г. В 1327 г. в стране насчитывалось 130 таких станков. Изготовление пеньки также относилось к первым видам производств, механизация которых осуществлялась на основе рычажных молотов. Ранее при изготовлении пеньки все операции выполнялись вручную: стебли конопли сначала мяли и трепали, а затем разделяли на волокна, из которых скручивали веревки или канаты. В конце X в. в альпийских предгорьях Франции эту тяжелую работу стали выполнять приводимые в движение водой молоты. К XII столетию такие станки стали использоваться во Франции повсеместно.



Валяльная машина XVI в. с приводом от водяного колеса. Гравюра из книги Vittorio Zonca «Novo teatro di machine». 1607 г.

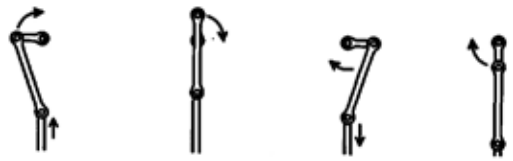
Применение водяных молотов неуклонно расширялось. После того как в Азии была изобретена бумага, её исходный продукт – целлюлозу – получали вручную путем измельчения в воде пенькового или льняного тряпья. Технология изготовления бумаги в Западной Европе получила распространение в начале XII столетия. В конце XIII в. европейские производители бумаги значительно усовершенствовали технологию бумажного производства, механизировав операции получения целлюлозы с помощью рычажных молотов, которые не были известны ни китайцам, ни арабам. К началу XVII столетия таких бумагоделательных станков с приводом от водяного колеса в Англии насчитывалось 38. В 1710 г. их было уже 200, а в 1763 г. – 350.

Внедрение водяных колес и кулачковых механизмов видоизменило технологию производства и в деревообрабатывающей отрасли. На лесопильнях эти устройства обеспечивали прямой ход продольной пилы; её обратный ход осуществлялся за счёт действия пружинного механизма. Описание таких механизированных лесопильных установок приводится в документах, относящихся к началу XIII в. Эта технология быстро распространилась по всей Европе.

КРИВОШИПНЫЙ МЕХАНИЗМ

Кривошипный механизм представляет собой подвижное соединение кривошипа, шатуна и ходового вала. В Европе кривошипный механизм появился несколько позже, чем в Китае, где он был известен со II в. В позднем средневе-

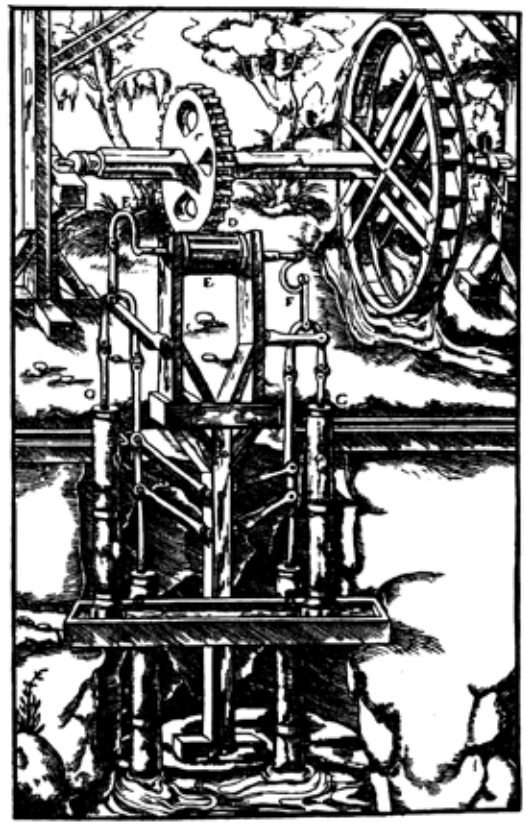
Кривошипный механизм



ковье кривошипный механизм стали широко использовать вместе с водяными колесами и во многих случаях заменяли им кулачковый механизм. Важным преимуществом кривошипного механизма при его использовании в качестве привода насосов, лесопильных установок и кузнечных мехов является то обстоятельство, что он способен задавать движение в двух направлениях, в то время как кулачковый механизм обеспечивает только однонаправленное перемещение.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ВОДЫ В МЕТАЛЛУРГИИ

На основе комбинации подливных и черпаковых водяных колес, кривошипного и кулачкового механизмов были широко механизированы средневековые металлургия и горное дело. В XIV–XV вв. кривошипными механизмами снабжали мехи кузнечных горнов, ручные захваты и волоки волочильных станов, шахтные насосы.

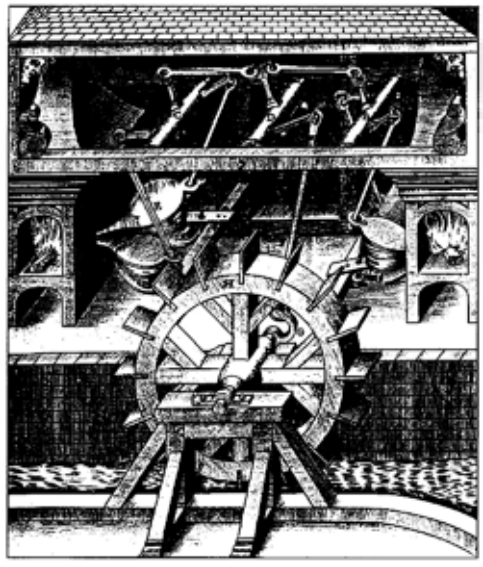


Спаренные кривошипы, приводимые в действие верхнебойным колесом через зубчатую передачу. Гравюра из труда Георгия Агриколы «12 книг о металлах»

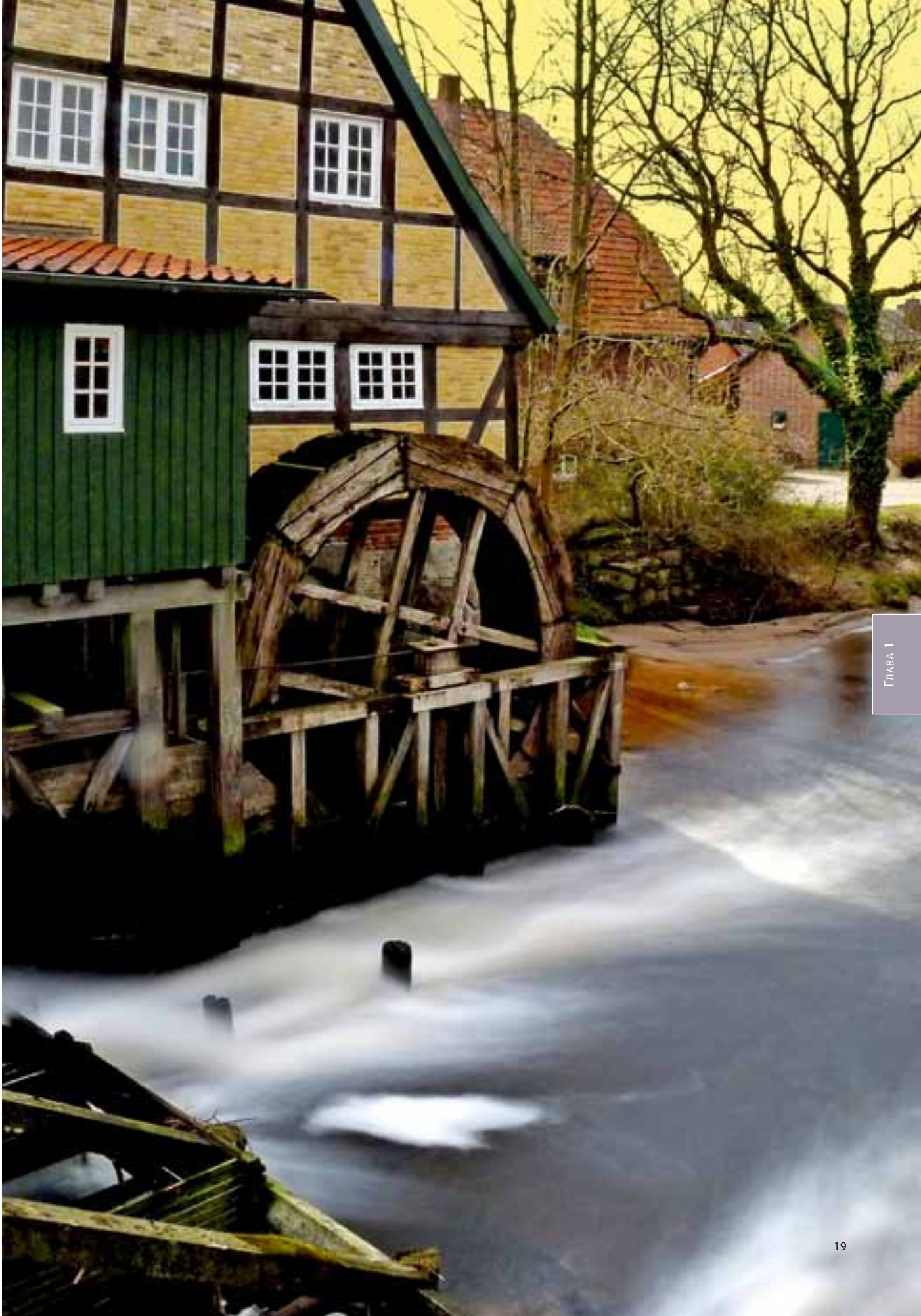
Вододействующее волочильное устройство с коленчатым валом и качающимся сиденьем. Гравюра из книги В. Бирингуччо «Пиротехния». 1540 г.

На гравюре из книги Агриколы прямолинейное движение передаётся поршням двух пар шахтных насосов. Нижние насосы в каждой паре поднимают воду из ствола шахты в лоток, из которого верхние насосы перекачивают воду в жёлоб, расположенный на поверхности земли. Водяные колёса с кулачковыми механизмами применялись для обслуживания кузнечных молотов, молотов, используемых при дроблении руды, а также для приведения в действие мощных мехов. В 1492 г. в районе немецкого города Зиген все 38 кузниц и доменных печей были оборудованы водяными колесами.

Кузница XVI в. с мехами с приводом от водяного колеса. Гравюра из книги Агустино Рамелли «Le diverse et artificiere machine». 1588 г.



Рудодробильная мельница, гравюра из труда Георгия Агриколы «12 книг о металлах»

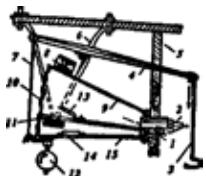


Внедрение водяных колес и кулачковых механизмов быстро распространилось по всей Европе

ВОДОДЕЙСТВУЮЩИЕ МЕХИ

Важнейшей областью применения энергии воды в металлургии стала воздуходувная техника. В средневековье был сделан решающий шаг от использования при плавке руд естественного движения воздуха (ветра) к применению механизированных воздуходувных агрегатов, прежде всего мехов с водяным приводом.

Мехи́ – устройство для нагнетания воздуха, состоящее из резервуара, клапанов и регуляторов. Оно используется для получения непрерывной воздушной струи и применяется в металлургии, стеклодувном деле и некоторых музыкальных инструментах (волынка, гармонь и орган). Технический смысл устройства состоит в том, что воздух порционно нагнетается в крупный резервуар, из которого затем выходит стабильным (непрерывным) потоком, что позволяет исключить перебои с подачей воздуха. Например, в органе мехи при воспроизведении звука дают возможность трубам органа работать равномерно. Конструкция кузнечных мехов приведена на рисунке слева.



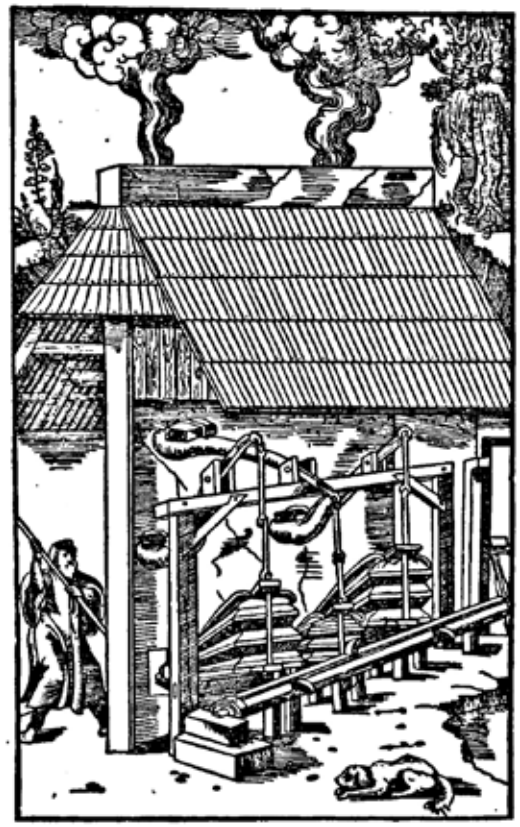
Кузнечные мехи:
1 – голова;
2 – сопло;
3 – рукоятка;
4 – коромысло;
5 – стенка горна;
6 – стойка;
7 – тяга;
8, 12 – грузы;
9, 11, 15 – доски;
10 – кожаная гармошка;
13, 14 – клапаны

Голова – основная часть мехов. К ней прикреплены три клиновидные доски – верхняя и нижняя шарнирно, а средняя – жестко. Нижняя и средняя доски имеют клапаны для забора воздуха; это куски кожи, прибитые одной стороной к доскам, перекрывающие круглое отверстие в нижней и средней доске. Сверху над кожей прибит ремешок, ограничивающий подъём клапана.

Для мехов применяли воловью или конскую кожу. Кожаная гармошка соединяет верхнюю и нижнюю подвижные доски со средней, неподвижной. Гармошка состоит из отдельных складок, каждая из которых соединяется с внутренним деревянным каркасом, по форме совпадающим с периметром досок. Кожа прибивается к каркасу через тонкие ремешки, чтобы гвоздь не прорвал кожу.

Мехи, которыми снабжались металлургические печи для плавки руды, не имели резервуара, поэтому для получения относительно стабильного потока использовалась пара мехов, работающих в противофазе. На средневековых металлургических заводах, как правило, устраивалось несколько горнов, которые располагались вдоль общей стены. По другую сторону стены на специальном помосте устанавливались мехи (по паре на каждый горн), которые приводились в действие от одного мощного водяного колеса.

В средневековье разрабатывались различные конструкции воздуходувных агрегатов. В 1494 г. Леонардо да Винчи предложил оригинальную конструкцию ящичных мехов. Перевёрнутый ящик с отверстием в дне помещали в ящик, наполненный водой. По мере опускания первого ящика во второй вода вытесняла воздух, который через отверстие в дне верхнего ящика и присоединённую к нему трубу устремлялся к горну или другому устройству. Впоследствии изобретатель



Мехи, расположенные с задней стороны заводской стены. Гравюра из труда Георгия Агриколы «12 книг о металлах»

Приводной вал от водяного колеса к мехам: A – вал;
B – водяное колесо;
C – цевочная шестерня;
D – второй вал;
E – зубчатое колесо;
F – спицы;
G – колесный обод;
H – зубцы;
I – кулаки на валу.
Гравюра из труда Георгия Агриколы «12 книг о металлах»

снабдил эти мехи кожаным клапаном, и в таком виде они применялись в XVI–XVIII вв.

Разновидностью ящичных мехов были кожаные меха, состоящие из двух деревянных чаш, соединённых торцами. Снизу присоединялась отводящая воздух трубка, а к верхней части прикреплялся мех. При вдавливании меха в чашу воздух из неё вытеснялся в трубку. В конце XV в. во Франции было изобретено воздуходувное колесо, ставшее прототипом центрифуги. Разделённый перегородками барабан частично заполнялся водой. При вращении вода проникала в другие отсеки и вытесняла из них воздух, который отводился в нужном направлении.

ТРОМПА – ВОДОТРУБНАЯ ВОЗДУХОДУВКА

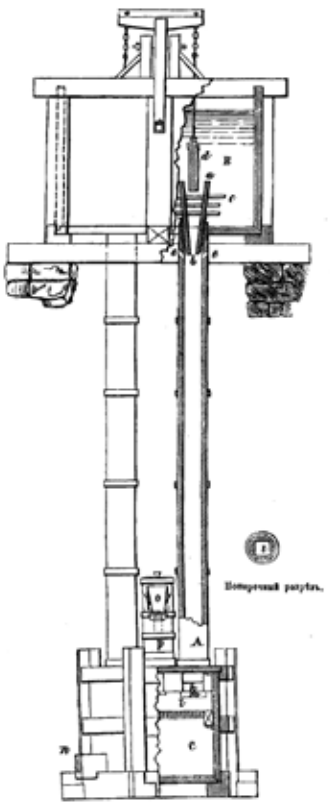
Самым эффективным и технологичным устройством в этом ряду стала водотрубная воздуходувка, которая также называлась водяным барабаном, или тромпой (trompe, Wassertromelgeblase). Некоторые исследователи авторство её изобретения приписывают итальянскому инженеру Джамбаттиста делла Порта и даже указывают точный год – 1590 г.

Тромпа применялась в комплексе с так называемым каталонским сыродутным горном и вододействующим молотом особой конструкции. В таком виде процесс производства кричного железа оставался конкурентоспособным по отношению к более прогрессивной технологической схеме, включавшей доменную и пудлинговую печи, вплоть до середины XIX в., когда были изобретены способы получения литой стали. Специалисты XIX в. характеризовали тромпу как «весьма остроумное и простое устройство, вполне способное производить ровное и непрерывное дутьё».

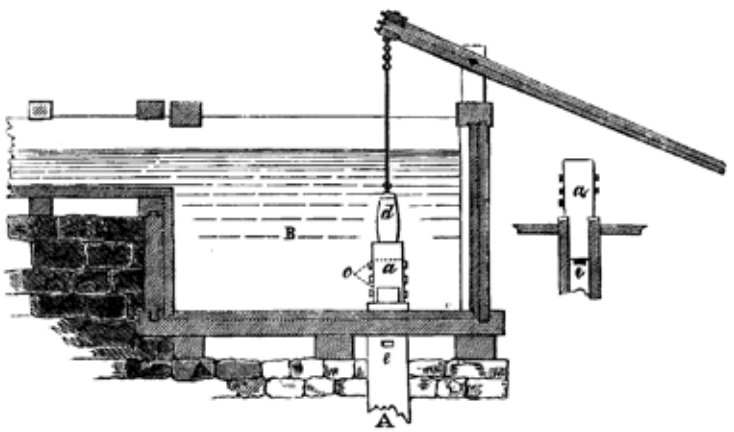
Тромпа состояла из большого деревянного бассейна B объёмом около 10 м^3, деревянного «духового» ящика C и двух (или более) вертикальных водопроводных труб AA, которыми ящики соединялись. Водопроводные трубы изготовлялись из чугуна или выдолбленных стволов деревьев, их длина составляла от 3,5 до 8 м.

Вверху в трубы вставлялись воронки из деревянных брусков c. Непосредственно под воронками в стенках труб проделывались небольшие отверстия e (с наклоном около 40…50°). Они имели диаметр около 7…8 см и служили для притока воздуха. Деревянный духовой ящик C имел в разрезе трапецеидальную или цилиндрическую форму. В верхней крышке ящика помещалась прямоугольная труба p для отвода воздуха. На некотором расстоянии от крышки труба с помощью уплотняющей манжеты из бараньей кожи r соединялась с соплом s, сделанным из железа или красной меди. В нижней части одной из боковых стенок духового ящика находилось отверстие n, служившее для выпуска воды. Размер этого отверстия должен был быть таким, чтобы вода в духовом ящике постоянно оставалась на одном и том же уровне. Под нижними отверстиями водопроводных труб AA располагалась доска, или «скамейка» l, верхняя сторона которой закрывалась чугунной плитой, предохранявшей от разрушения дерево, постоянно подвергавшееся воздействию падающей с большой высоты воды.

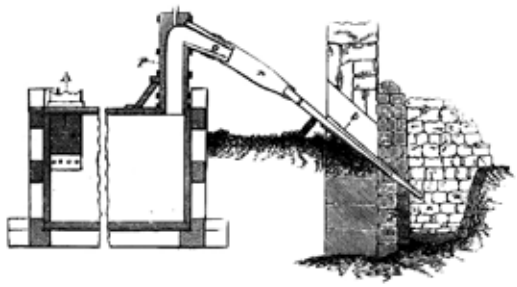
Для подачи дутья приподнимали с помощью рычага коническую пробку d и открывали верхнее отверстие водопроводных



Основные составляющие тромпы – деревянный бассейн, водопроводные трубы, «духовой» ящик. Рисунок из книги Джона Перси «Iron and steel». 1864 г.



Регулирующее устройство в бассейне тромпы. Рисунок из книги Джона Перси «Iron and steel». 1864 г.



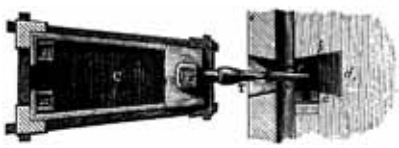
Духовой ящик и фурма для подачи дутья в каталонский горн. Рисунок из книги Джона Перси «Iron and steel». 1864 г.

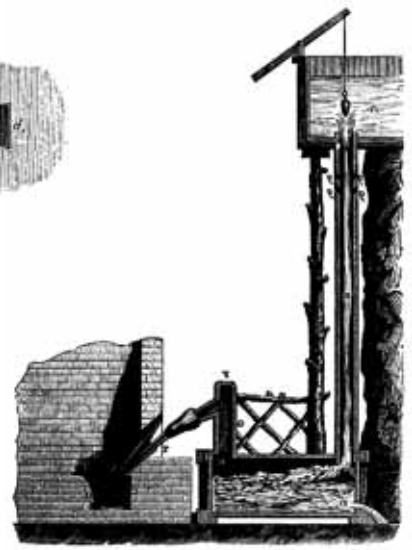
труб. Вода устремлялась из бассейна вниз, но благодаря коническим воронкам заполняла не всю трубу – возле стенок создавалось разреженное пространство. Под воздействием разрежения воздух поступал в трубу через отверстия и смешивался с водой, которая увлекала его в духовой ящик. В духовом ящике воздушно-водяная струя разбивалась на мельчайшие капли от удара об скамейку. Вода из ящика вытекала через отверстие n, а воздух по трубе p поступал к фурме и далее в горн.

Объёмом вдуваемого воздуха управляли, меняя количество воды, поступавшей в духовой ящик, путём изменения положения пробок d, которые подвешивались на цепях к рычагам. На другом конце каждого рычага прикреплялась длинная цепь, опускавшаяся до самого горна. Благодаря этому рабочие могли управлять интенсивностью дутья непосредственно во время работы.

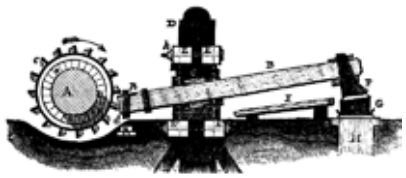
КАТАЛОНСКИЙ ВОДЯНОЙ МОЛОТ

Каталонская фабрика оборудовалась самым мощным вододействующим молотом. Вода подавалась на лопасти колес с высоты более 5 м. На деревянном валу A устанавливались железные кулаки C, приводящие молот в действие. Молот (франц. – marteau, англ. – Hammer) располагался на прочном дубовом фундаменте. Чугунная голова молота F имела массу около 600 кг. Под хвостом молота клали железную плиту d, о которую он ударялся и отскакивал, увеличивая, таким образом, силу удара головы. Молот производил от 100 до 125 ударов в минуту. Мощная железная наковальня G клиньями укреплялась в тяжёлой чугунной подушке H.





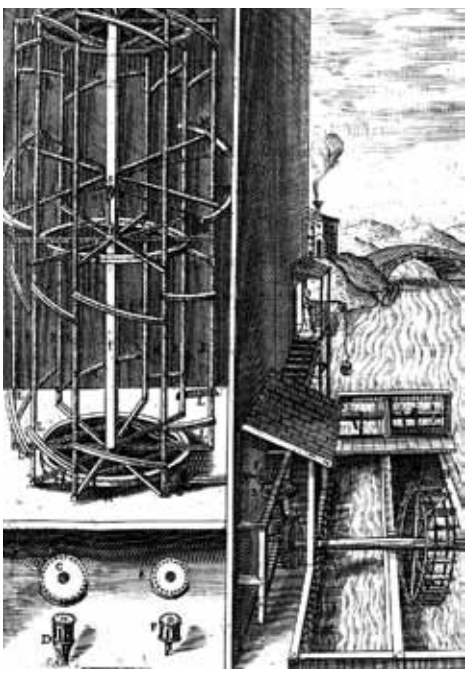
Каталонский горн с тромпой. Рисунок из книги J.A. Phillips «A manual of metallurgy, or a practical treatise on the chemistry of the metals». 1854 г.



Вододействующий молот каталонской фабрики. Рисунок из книги J.A. Phillips «A manual of metallurgy, or a practical treatise on the chemistry of the metals». 1854 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ВОДЫ В ЭПОХУ МАНУФАКТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА (XVI – ПЕРВАЯ ПОЛОВИНА XVII В.)

К XVII в. в Европе энергия воды широко использовалась, по меньшей мере, в 40 различных производствах. Примером может служить прядение шелка. В шелкопрядильных станках приводимое в движение энергией воды веретено скручивало отдельные шелковые волокна в нитку. К концу XVII в. таких шелкопрядильных станков только в северо-восточной части Италии насчитывалось не меньше сотни. Огромный шелкопрядильный цех, построенный на реке Деруэнт в г. Дерби (Англия) в начале XVIII в. Томасом Ломбе, представлял собой многоэтажное сооружение, где работали 300 человек.



Шелкопрядильный станок с приводом от водяного колеса. Гравюра из книги Vittorio Zonca «Novo teatro di machine». 1607 г.

Нехватка рабочей силы вследствие эпидемий и набегов с Востока и Севера заставляла прибегать к использованию механизмов, заменяющих труд человека.

В XVII в. энергия воды находит все большее применение. Водяные установки использовали для сверления дул пушек и мушкетов, обмолота зерна вращающимися цепами, перемешивания смесей руды и воды, для размельчения исходного сырья при изготовлении стекла. Вращающиеся на ободе жернова находили применение в новых процессах – приготовлении нюхательного табака, цемента, гончарной глины, пороха.

Водяные молоты использовались для измельчения костей при производстве удобрений и растирания мела для приготовления известковой побелки. Для шлифовки стекла применялись сложные приводные системы, действие которых основывалось на использовании водяного колеса и системы рычагов. Рычажные молоты, приводившиеся в движение от водяного колеса, применялись в льняной промышленности. До этого изготовление льняного холста осуществлялось полностью вручную. После уборки льна стебли растения выдерживали в воде, затем их вручную отбивали для отделения волокон. Из скрученных в нити волокон изготовляли ткань, которую после стирки отбивали деревянными молотками, в результате чего ткань уплотнялась и становилась более гладкой.

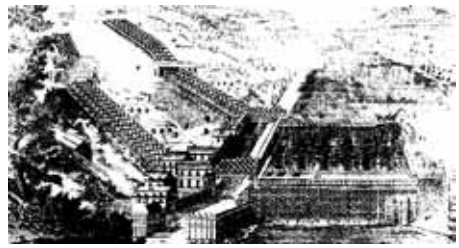
В XVII в. были сконструированы льнотрепальные станки, работающие от водяного колеса. Они имели деревянные лопасти, подобные лопастям вентилятора; с их помощью волокна отделяли от выдержанных в воде стеблей льна. Промывные станки для льняных тканей сочетали в себе водяное колесо и кулачковый или кривошипный механизм, с помощью которых приводились в движение стиральные деревянные доски с гофрированной поверхностью, между которыми пропускалось намоченное льняное полотно. Для отбивания ткани использовались станки с деревянными молотками и валками для протяжки ткани, работающими от водяного колеса.

Точные данные о мощности водяных колес, использовавшихся до 1700 г., не известны. Приблизительные оценки сделаны на основании многочисленных описаний в официальных документах и рукописях мастеров. Средняя мощность на валу водяных колёс составляла 5–7 л. с., однако колёса часто объединялись в группы по 3–4 и более, при их совместной работе можно было получить примерно такую же мощность, какую имели английские хлопкопрядильные станки эпохи Промышленной революции.

ГРУППОВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЯНЫХ КОЛЁС

Групповое использование водяных колёс характерно для средневековой Франции. Например, уже в IX в. монастырь Корбье близ Амьена имел водяные мельницы с шестью колёсами. В монастыре Ройял-мол в окрестностях Парижа был сооружен тоннель диаметром 2,5 м и длиной 32 м, в котором работало несколько водяных колёс, использовавшихся для помола зерна, дубления кож, изготовления сукна и получения железа. В 1136 г. монастырь Клерво около Труа располагал системой водяных колес, предназначавшихся для помола зерна, валяния сукна и дубления кожи. В конце XII в. мельники Тулузы построили три плотины на реке Гаронна; самая большая из них – плотина Базакл – имела длину 400 м. На этих плотинах действовали 43 мельницы с горизонтальными колёсами. В XIV столетии под Гран-Поном близ Парижа работали 13 мельниц.

Грандиозный комплекс водяных установок был построен в 80-е гг. XVII в. фламандским инженером Р. Суалем в Марли-ле-Ройе на реке Сене. Плотина отводила воду к 14 подливным колёсам, каждое колесо имело диаметр 11 м и ширину 2,3 м. С помощью сложной системы кривошипных механизмов, коромысел и связующих штанг колёса приводили в действие 221 насос. Установленные на трёх уровнях насосы перекачивали речную воду на высоту 153 м в акведук, расположенный в километре от реки. Вода доставлялась к нескольким паркам дворца Людовика XIV. Комплекс развивал мощность на валу от 300 до 500 л. с. Передаточный механизм, однако, был настолько громоздким, что полезно использовалось лишь 150 л. с. С сооружением в Марли можно сравнить бумажный завод Гранд-Рив в районе Овернь, на котором работало семь водяных колёс и 38 молотов.



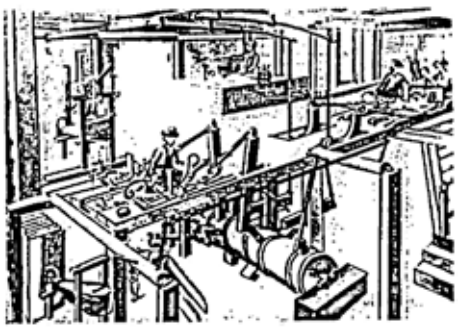
Комплекс из 14 водяных колес на реке Сене в Марли-ле-Ройе

В 1760 г. Британская королевская пороховая фабрика в Февершаме в графстве Кент располагала 11 водяными колёсами. В то же время в Корнуолле был построен так называемый башенный двигатель; он имел 10 верхнебойных колёс, установленных одно над другим и связанных посредством составных штанг с двумя большими шахтными насосами.

Однако бесспорными лидерами в концентрации водяных двигателей в масштабах одного производства были металлургия и добыча руды. Во второй половине XVI в. в районе Гарц-Маунтэн на территории Германии было начато сооружение сложного комплекса плотин, водохранилищ и каналов.

Цех вододействующей проволочной фабрики, оборудованной рычажно-клещевым (дальний план) и барабанным (передний план) волочильными станами. По К. Вейгелу. Германия. 1698 г.

Они подавали воду на водяные колёса, которые приводили в действие шахтные насосы, установки для промывки руды, рудодробильные мельницы, мехи для доменных печей и кузнечных горнов, волочильные станы. К 1800 г. эта система насчитывала 60 плотин и водохранилищ, и все это на территории в радиусе 4 км вокруг г. Клаустхале – центра промышленного рудоносного района. Самая большая из плотин этой системы – Одертайх – была построена из кирпича в 1714–1721 гг. и имела длину 145 м, высоту 18 м и ширину в основании 47 м. Из запруженных водохранилищ вода проходила по системе каналов общей протяжённостью 190 км и подавалась на 225 колес. Общая мощность всей системы превышала 1000 л. с.



Внутренний вид Екатеринбургской проволочной фабрики – на переднем плане вододействующие рычажно-клещевые станы. Из сочинения В.И. Генина. 1735 г.

В 20-х гг. XVIII в. русские инженеры возвели огромную дамбу на Урале, в Екатеринбурге; построенный на ней индустриальный комплекс использовал энергию воды, падающей с плотины. Он насчитывал 50 водяных колес, которые приводили в действие 22 молота, 107 мехов и 10 волочильных станков. Уникальный подземный комплекс водяных колёс был построен на Змеиногорском руднике на Алтае по проекту К.Д. Фролова. Для приведения в действие гидросиловой установки, откачки воды, подъёма из шахт руды и породы были применены огромные деревянные колеса диаметром до 17 м.

Технические сооружения, на которых использовалась энергия воды, возводились и в Америке. На юге Боливии около г. Потоси в Андах испанцы в 1573 г. начали строительство системы плотин, водохранилищ и каналов для подачи воды на серебряные месторождения. В 1621 г. система включала 32 плотины. По главному каналу длиной 5 км вода подавалась на 132 дробильные мельницы. Мощность всей системы составляла 600 л. с.

«АРХИМЕД СЕВЕРА»

Говоря об использовании энергии воды в металлургии и горном деле, нельзя не упомянуть замечательного шведского промышленника и изобретателя, «Архимеда севера», как прозвали его современники, – Кристофера Полхема (Польхема). Кристофер Польхаммар (фамилию Полхем он взял после получения дворянского титула) родился в 1661 г. на шведском острове Готланд в Балтийском море; юношей он перебрался в Стокгольм. Чтобы заработать на жизнь, в возрасте 15 лет он организовал свою первую механическую мастерскую. С помощью приспособлений, которые создал сам, Кристофер изготовлял ножи, вилки, ножницы, а также часы и замки.

Позже он занялся самообразованием и после успешной починки нескольких сложных механизмов в возрасте 26 лет попал в Упсальский университет. Согласно автобиографии Полхема, он считал началом своей карьеры именно факт успешной починки часов в Кафедральном соборе г. Упсалы, созданных Петером Астрономусом в XVI в., которые никто не мог отремонтировать на протяжении века.

После окончания университета Кристофер взялся за создание механизмов для рудников и металлургических производств. Слава Полхема росла, и в 1690 г. король Карл XI назначил его директором «горной механики». Вместе с семьей изобретатель поселился в провинции Даларна к северо-западу от Стокгольма, где было сконцентрировано шведское металлургическое производство.

Основная проблема горного производства того времени состояла в необходимости затрачивать значительные усилия на откачку воды из горных выработок. Кроме того, приток воды не позволял значительно углубляться в выработки и приводил к частым авариям. Именно за решение этой проблемы и взялся Полхем в первую очередь.

КОЛЕСО ПОЛХЕМА

Основной силой, применяемой издревле для откачки воды из шахт, была либо человеческая, либо лошадиная (включая рудник Рио Тинто, схема дренажа которого приведена в начале этого очерка).Для решения этой проблемы Полхем применил так называемое колесо Полхема (швед. Polhemshjulet). По сути это было обычное водяное колесо – основная суть нововведения заключалась в конструкции привода.

Поскольку рудники располагались, как правило, на значительном удалении от источников энергии – рек и ручьёв – то, в первую очередь, требовалось как-то соединить насосы с колёсами. Решение Полхема было очевидным, но непростым в реализации: вращающееся колесо поворачивало соединённый с ним кривошип, который сообщал движение рычагам-коромыслам. Каждый рычаг вырезался из целого соснового ствола, длина каждой секции составляла до 15 м. Соединённые с колесом рычаги тянулись на многие километры к шахтам, медленно двигаясь взад и вперед, приводя в действие насосы, откачивающие воду из шахт. Мощность колеса Полхема составляла 30 л. с. Оно откачивало 250 тыс. л воды в сутки.

«линии электропередачи» XVIII века – экспонаты музея под открытым небом в районе Берслагена, Швеция

Привод от водяного колеса к водяному насосу конструкции К. Полхема

Система рычагов Полхема дала возможность осуществлять привод механизмов на расстоянии до 5 км. Эти деревянные балки, двигавшиеся взад-вперед, в Швеции XVII в. составляли столь же привычный элемент пейзажа, как в наши дни линии электропередачи.

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ НОВОГО ВРЕМЕНИ

Полхем предложил траковую систему для подъёма руды взамен канатной, разумеется, также с приводом от водяного колеса. Ручной труд требовался только на этапе загрузки вагонеток. Новость о новаторском изобретении стала известна королю Карлу XI, который был настолько впечатлён работой Полхема, что поручил ему произвести улучшения на крупнейшей горной разработке Швеции – Фалунском медном руднике.

Получив средства от властей, Полхем путешествовал по Европе, изучая инженерное дело. В 1697 г. он возвратился в Швецию и основал в Стокгольме Laboratorium mechanicum – учреждение для обучения инженеров, которое считается предшественником Королевского института технологий.

Ещё одним, весьма значимым, достижением Полхема было создание «автоматизированного» завода с механизмами, полностью приводимыми в движение водой; автоматизация была достаточно необычным явлением в то время. Впрочем, это нововведение привело к противодействию со стороны работников завода, боявшихся за свои рабочие места. Позднее этот завод сгорел при пожаре, однако до наших дней сохранился построенный Полхемом железоделательный завод в деревне Энгельсберг, работавший вплоть до 1919 г. Колёса Полхема сохранились и в других частях Швеции, в настоящее время они являются частью индустриального наследия страны и входят в состав музеев под открытым небом (например, в состав «Экомузея Берслагена»).

Разработки Полхема существенно продвинули в XVII в. шведскую металлургию, и без того занимавшую лидирующие позиции в Европе и в мире. Он также усовершенствовал конструкцию прокатного стана и механического молота. Другими весомыми достижениями Полхема было сооружение сухих доков, дамб и шлюзов, которые он проектировал вместе с Эммануилом Сведенборгом. Также, независимо от Джироламо Кардано, он изобрел «узел Полхема» – карданный вал. Полхем работал не только в области механики, он также писал очерки, касающиеся медицины, общественного устройства, астрономии, геологии и экономики. Его портрет можно увидеть на шведской банкноте в 500 крон.

ПРЕДТЕЧА ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Начало Промышленной революции обычно связывают с появлением в Англии первых хлопкопрядильных фабрик. Известно, что до 70-х гг. XVIII в. никакие процессы, связанные с производством хлопчатобумажных тканей, не были механизированы на основе водяных установок. В то же время энергия воды широко использовалась для механизации процессов в различных производствах (в том числе при изготовлении сукна из шерсти, скручивании шелковых нитей, при получении льняного полотна), не связанных с хлопкопрядением. Мощность первых станков для производства хлопчатобумажных тканей, оборудованных паровыми машинами, не превышала 20 л. с. И позже, в 30-е гг. XIX в., средняя мощность механизированных хлопкопрядильных станков едва достигала 35 л. с.

Из вышесказанного следует, что при использовании энергии воды упомянутая мощность была достижима уже в эпоху Возрождения. Кроме того, хлопкопрядильное производство было не единственным, где в XVIII в. ручной труд стали заменять механизированные станки.

Большое водоналивное колесо. Бентолл, близ Коалбрукдейла, Великобритания

Таким образом, механизированные хлопкопрядильные фабрики Англии конца XVIII – и начала XIX в. не представляли собой ничего принципиально нового ни в смысле замены ручного труда машинами, ни в смысле концентрации большого количества агрегатов, для работы которых требовалась высокая мощность водяных колес.

Замена физического труда человека техническими устройствами, приводимыми в движение энергией воды, и групповое использование таких устройств началось задолго до того, как эти направления стали характерной чертой зарождающейся английской промышленности. Можно сказать, что британские механизированные текстильные фабрики ознаменовали собой кульминацию эволюционного процесса, зародившегося еще в средневековой Европе. ❊

Глава 2

ЭПОХА СТАЛЬНОГО КОСТЮМА

Костюм является… самым важным признаком, по которому мы можем судить о привычках, обычаях и образе жизни каждого века.
О. Уайльд

И пращ, и стрела, и лукавый кинжал
Щадят победителя годы...
Под грозной бронёй ты не ведаешь ран;
Незримый хранитель могущему дан.
А.С. Пушкин. Песнь о вещем Олеге

Основные элементы современной одежды и способы кроя тканей были изобретены в эпоху средневековья XI–XVI вв. В это время развитие светского костюма происходило под определяющим влиянием военного металлического доспеха. Наибольшее распространение, как в Европе, так и в Азии получил доспех на тканевой основе – «бригандина», в котором металлические пластины выполняли несколько функций. Кроме обеспечения защитной функции, они впервые позволяли конструировать силуэт верхней одежды. В результате возникло то разделение костюма на мужской и женский, которое сохраняется до настоящего времени. Таким образом, на определённом историческом этапе развития цивилизации совершенствование металлургических технологий оказалось обязательным условием формирования такого неотъемлемого атрибута человека, которым является костюм.

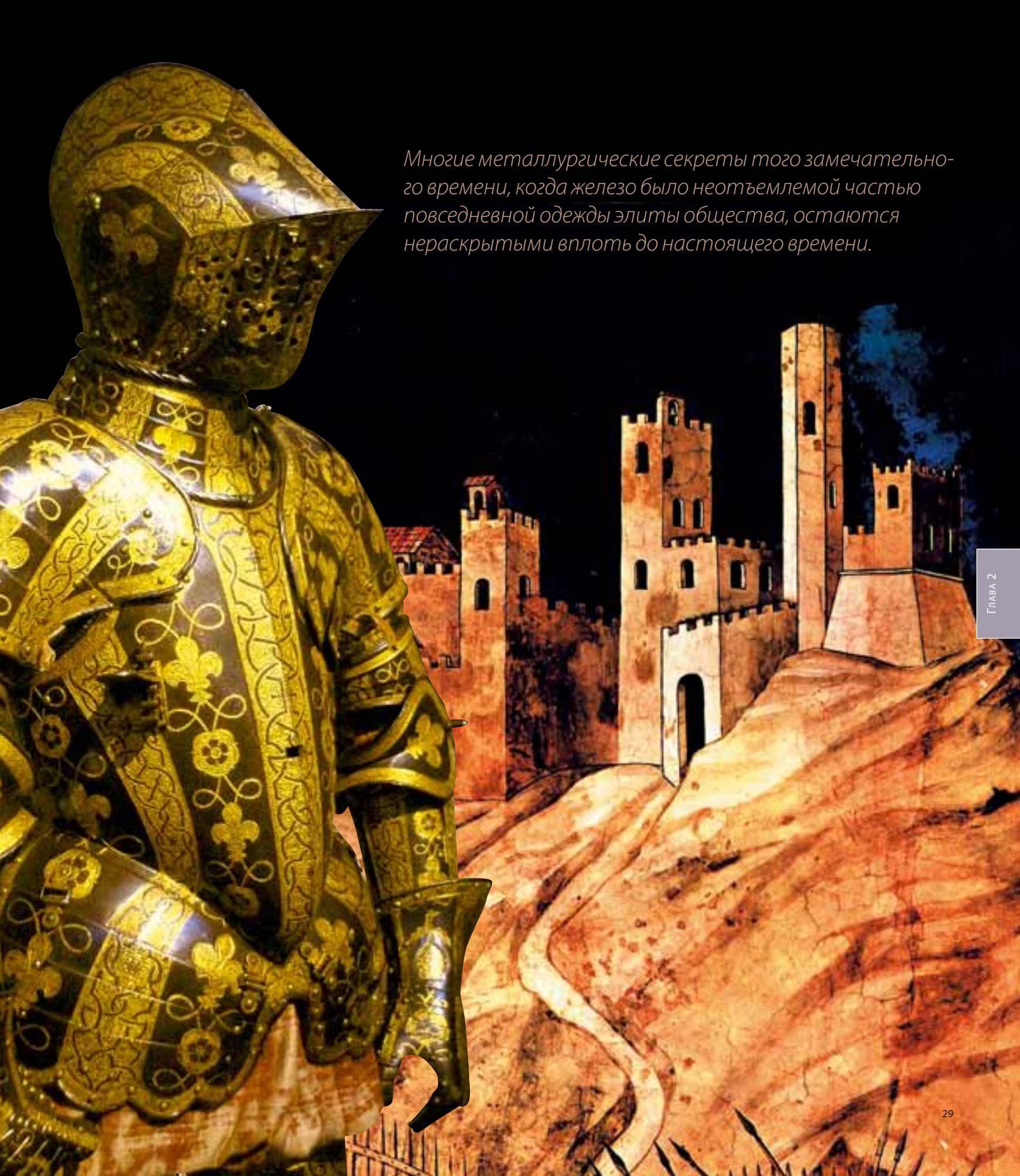
ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

1960-е гг. – важнейшая веха в истории человечества, начало космической эры. Это событие в полной мере нашло отражение в мире высокой моды: костюмы и аксессуары от-кутюр, навеянные романтикой межзвёздных путешествий, ввели в повседневный обиход колготки и водолазки из синтетических тканей. Использование молодыми дизайнерами лёгких металлов и пластика произвело очередную революцию в одежде. В те времена сенсацией заканчивался каждый показ металлических коллекций модельера Пако Рабанна, которого за конструирование алюминиевых одежд коллеги прозвали «металлургом» и «слесарем-кутюрье». Несмотря на постоянную критику, Рабанн оставался верен своему стилю, обильно используя металлические детали в моделях. Сегодня, на пороге нового тысячелетия, металл снова в моде. Этим очерком мы хотим обратить внимание читателей на его уникальные свойства и роль в такой, казалось бы, не связанной с металлургией сфере культуры и творчества, которой является конструирование одежды.

ПОЯВЛЕНИЕ КОСТЮМА

Появление первой примитивной одежды – набедренных прикрытий – датируется временем около 40 тыс. лет назад. Изначально функцию одежды выполняли шкуры убитых животных, затем, в эпоху неолитической революции (10–6-е тысячелетие до н. э.), появляется плетёная, а потом и тканая одежда. В это же время зарождается металлургия, которая повсеместно распространяется в меднокаменном веке (халколит, 4-е тысячелетие до н. э.). Таким образом, металлургия и текстильное производство имеют за спиной многотысячелетнюю историю. Эти две основополагающие отрасли индустрии не только изначально сопровождали нашу цивилизацию, но и существенным образом влияли друг на друга. Роль костюма во все времена была исключительно велика, и, как гласит известная народная поговорка, встречали и встречают именно по одёжке.

Светский костюм постепенно изменялся с развитием ткачества и в соответствии с нормами и идеалами своего времени. Уже в эпоху Древнего мира получило развитие производ-



Многие металлургические секреты того замечательного времени, когда железо было неотъемлемой частью повседневной одежды элиты общества, остаются нераскрытыми вплоть до настоящего времени.

ство ювелирных изделий и одежд, шитых нитями из драгоценных металлов. Ювелирные ремёсла потребляли огромное количество благородных металлов и их сплавов, прежде всего в виде золотой и серебряной проволоки. Доспехи и вооружение непрерывно совершенствовались с развитием металлургических технологий.

Вплоть до эпохи средневековья принципиальных изменений костюм не претерпевал. При этом доля металла в одежде была незначительной, металлические изделия использовали как украшения, для отделки пояса, для изготовления застежек и пуговиц и т.п. Таким образом, металл лишь дополнял костюм, т.е. носил декоративный характер. Одежда не делилась чётко на мужскую и женскую. В те времена ещё только начинал формироваться принцип кроя, силуэт подчеркивался совсем немного, и то, как правило, благодаря использованию пояса.

РОМАНСКИЙ СТИЛЬ

В раннем средневековье в Западной Европе как в костюме, так и в архитектуре повсеместное распространение получил «романский» стиль, сложившийся в результате слияния античной и варварской культур; характерной его особенностью являлась монументальность форм. Влияние рыцарских доспехов на верхнюю мужскую одежду (блио) выразилось в том, что её форма и покрой были подобны рыцарской кольчуге из мелких колец.

В женском костюме главенствующее положение занимал блио с широкими гофрированными рукавами. Они доходили до запястья и падали почти до земли. Поверх блио надевали узкий жилет – жип, который подчёркивал формы тела и поддерживал грудь. Такой женский костюм создавал новый идеал красоты, выявлял женственность, воспетую поэтами-рыцарями средневековья. Пояс был особенно дорогой частью одежды, его украшали пластинками из драгоценных металлов с цветными камнями.

Революционным материалом, кардинально изменившим принципы конструирования как военного, так и светского костюма стало железо. В средневековье активно развиваются технологии производства высококачественной литой стали в тиглях и кричного железа в высоких сыродутных горнах. Это, в свою очередь, позволяет вывести на новый уровень технологии холодной ковки и изготовления стальной проволоки. Получает всеобщее распространение первый полностью металлический доспех – кольчуга.

КОЛЬЧУГА

Изготовление кольчуги было высочайшей формой средневекового металлургического искусства. Согласно современным представлениям, кольчуга была изобретена кельтами около 300 г. до н. э. Самыми древними археологическими свидетельствами признаются образцы двух кольчуг, найденные в Киумешти в Румынии. Эти находки датируются III в. до н. э. Интересно, что эти кольчуги выполнены по различным технологиям: одна состоит из чередующихся рядов штампованных и соединённых встык колец, а другая – из заклёпанных колец. Самые ранние детальные изображения кольчуг – галатские рубашки среди трофейного оружия из Пергама и рисунок галатского наёмника из Сидона II в. до н. э (галаты – кельтское племя, переселившееся на территорию Малой Азии, впоследствии район с названием Галата существовал в Константинополе и до сих пор существует в Стамбуле).

Существует альтернативная версия о том, что кольчуга была изобретена в Ассирии или в Иране в I-ом тысячелетии до н. э. и была широко распространена на Ближнем Востоке, а также у иранских народов, в частности, сарматов. Возможно, это связано с ошибочной идентификацией изображений чешуйчатых или пластинчатых доспехов. Например, знаменитый гобелен из Байе породил миф о кольчуге как универсальной защите рыцаря, в то время как на самом деле он изображает воинов, облачённых в чешуйчатый доспех. Кроме того, кольчатые доспехи могли и не быть собственно кольчугами – кольца могли нашиваться на одежду или набираться на кожаные ремешки (ленточная кольчуга) и в то же время на изобра-

Средневековый светский костюм: а – романский период (IX–XII вв.); б – период «бургундских мод»; в – позднее средневековье (XIII–XV вв.)

Знатный галльский воин в кольчуге. Современная реконструкция

Галльские и римские кольчужные доспехи: слева – римский легионер одного из северных легионов со щитом и пилумом, 175 г. (современная военно-историческая реконструкция) ;
вверху - галльский воин в кольчуге с необычной вертикальной ориентацией колец (статуя примерно 100 г. до н. э., музей Кальве (Calvet), Авиньон, Франция)

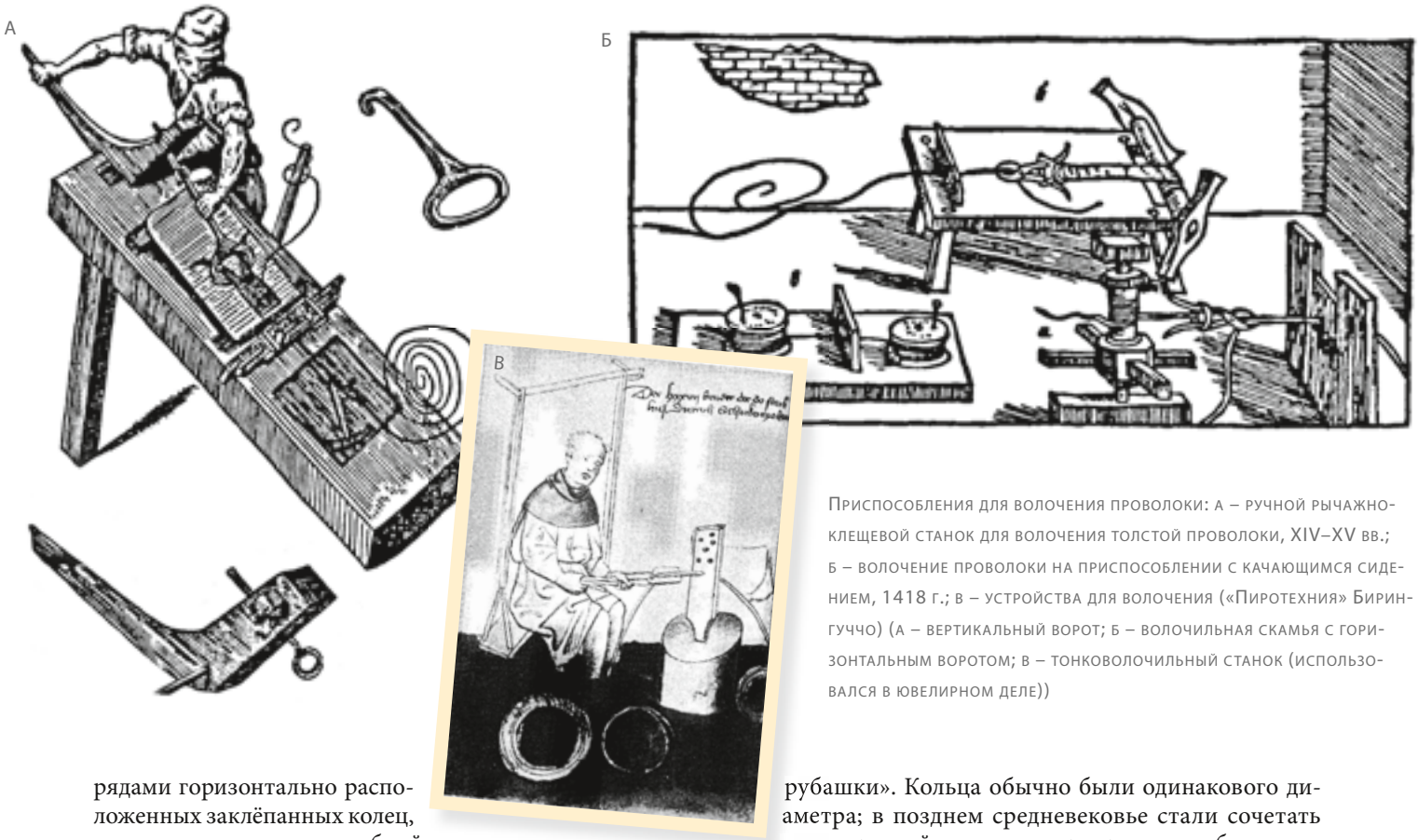
жениях походить на кольчуги. Поэтому в данном вопросе необходимо опираться только на данные археологических раскопок и подробные, однозначные изображения.

Рим, как губка, впитывая знания и умения покорённых народов, конечно же, не мог пройти мимо такого изобретения, тем более что в римских легионах служило немало галльских наёмников. В экипировке римских легионеров кольчуга стала основой для древнеримского кольчужного доспеха лорика хамата (лат. lorica hamata – «лорика с крючками», от лат. lorica – защита (в самом широком смысле) и hamus – крючок).

Лорика хамата служил стандартным доспехом вспомогательных войск (Auxilia) в последние века существования Римской республики и в некоторые периоды истории Римской империи. Существовало несколько версий доспеха, предназначенных для различных родов войск – стрелков, копейщиков, кавалерии.

Лорика хамата изготовлялся из бронзы или железа. Ряды плоских (кованых) замкнутых колец перемежались

Римский доспех «лорика сегментата» (современная военно-историческая реконструкция)



Приспособления для волочения проволоки: а – ручной рычажно-клещевой станок для волочения толстой проволоки, XIV–XV вв.; б – волочение проволоки на приспособлении с качающимся сидением, 1418 г.; в – устройства для волочения («Пиротехния» Бирингуччо) (а – вертикальный ворот; б – волочильная скамья с горизонтальным воротом; в – тонковолочильный станок (использовался в ювелирном деле))

рядами горизонтально расположенных заклёпанных колец, что позволяло создать гибкий, прочный и надёжный доспех. Каждое кольцо имело внутренний диаметр около 5 мм и внешний диаметр около 7 мм. Один доспех мог насчитывать несколько тысяч колец. Плечи защищались наплечниками, которые закреплялись спереди и сзади с помощью бронзовых или железных крючков, установленных на расположенных по краям наплечников заклёпках. Хотя подобный доспех был сложен в изготовлении, при хорошем обращении он мог служить десятилетиями.

В начале I в. лорика хамата стала вытесняться пластинчатым доспехом лорика сегментата, который был гораздо проще и дешевле в изготовлении. Однако некоторые легионы в Азии и Африке сохранили лорика хамата в качестве основного доспеха. В последние десятилетия существования империи лорика хамата вновь стала стандартным доспехом римских легионеров.

ВОЛОЧЕНИЕ ПРОВОЛОКИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЕЦ

Средневековые мастера-кузнецы составляли кольчуги не менее чем из двадцати тысяч колец от 6 до 13 мм в поперечнике при толщине проволоки 0,8...2,0 мм. 600 м проволоки (в случае изготовления кольчуги из проволоки) требовалось для изготовления одной «железной рубашки». Кольца обычно были одинакового диаметра; в позднем средневековье стали сочетать кольца разной величины, прикрывая наиболее уязвимые части тела мелким плетением.

Кратко технологию производства кольчуг можно описать следующим образом. На первом этапе мастеру необходимо было изготовить стальную проволоку. Применялся сутужный способ волочения, который заключался в том, что стальной пруток протягивался через ряд постепенно уменьшающихся отверстий в специальной стальной волочильной доске до получения проволоки нужной толщины. Для получения необходимой твёрдости и износостойкости волочильная доска закаливалась.

К потолку мастерской перед волочильной доской подвешивались качели. Мастер-волочильщик садился на качели, захватывал клещами, закреплёнными на специальном поясе (в средневековой Англии мастер-волочильщик так и назывался «поясник» – girdle-man), просунутый в первое отверстие доски раскалённый железный пруток (предварительно откованный из железной крицы) и отталкивался ногами от столбов, протягивая пруток в отверстие. Затем он сгибал ноги, возвращался на прежнее место и, перехватив клещами пруток, снова протягивал его в отверстие волочильной доски. В результате пруток становился немного тоньше. Затем мастер переходил к следующему отверстию. При таком способе во-

лочения использовались более сильные мышцы ног, что позволяло получать достаточно толстую проволоку, пригодную для плетения кольчуги.

Для того чтобы из прутка сечением 5 мм вытянуть проволоку сечением менее 2 мм, требовалось пройти не менее 30 отверстий. В процессе волочения проволоку периодически накаливали в специальных горнах, придавая ей необходимую мягкость. Зачастую волочение производили в несколько стадий: сначала делали толстую проволоку с помощью ручного рычажно-клещевого станка, затем её диаметр уменьшали на приспособлении с качающимся сиденьем, а если надо было получить ещё более тонкую проволоку, то использовали волочильную скамью с горизонтальным воротом.

Вытянув проволоку нужной длины, приступали к изготовлению колец. Проволоку навивали на круглую оправку. Образовавшуюся спираль разрубали по одной стороне, в результате чего получались круглые разомкнутые кольца одинакового диаметра. Половину колец сваривали. После сварки круглые в сечении кольца расплющивали и фигурным пуансоном наносили узор. Так же расплющивались и орнаментировались разомкнутые кольца. Затем концы колец дополнительно расплющивали на плашку и пробивали бородком отверстия под заклепки или штифты. Отдельной кропотливой операцией было изготовление заклепок или штифтов диаметром не более 0,75 мм.

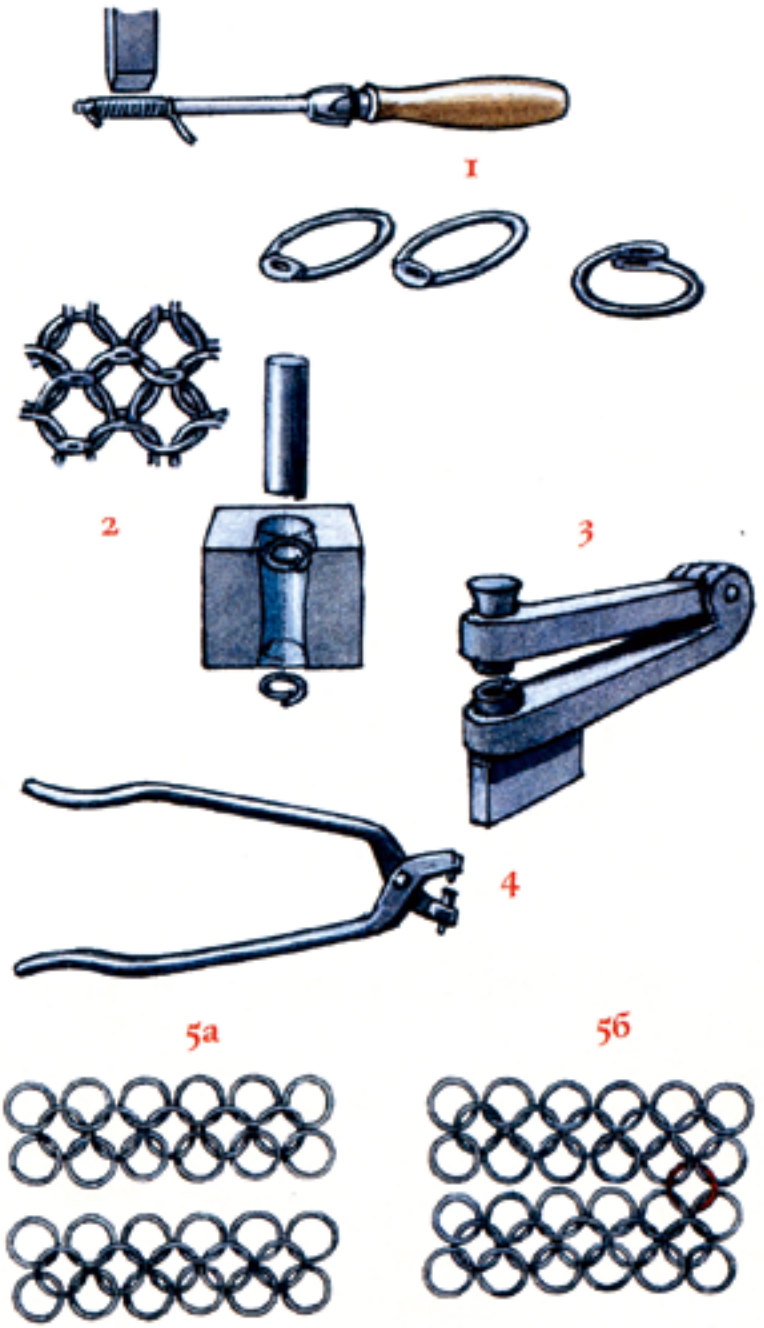
ПЛЕТЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОЙ РУБАШКИ

После этого начиналось сцепление колец, т.е. собственно плетение кольчуги. Кольчуга плелась начиная с ворота и заканчивая подолом. Каждое разомкнутое кольцо продевалось в четыре сплошные, концы его сводились, в отверстие вставлялась заклёпка и в холодную расклепывалась молотком, соединяя пять колец. Иногда для большей плотности кольчуги кольца несколько изгибались, благодаря чему они теснее соприкасались друг с другом.

Наиболее простое плетение «4 в 1», при котором одно кольцо соединяется с четырьмя соседними, не давало достаточной защиты, поэтому использовались более сложные вариации – «6 в 1», «8 в 1» и «8 в 2». Они улучшали защитные свойства и прочность кольчуги, но увеличивали как её массу, так и время изготовления, а следовательно, и стоимость готового изделия.

Описанный выше способ изготовления кольчуги был далеко не единственным. Кольца, составляющие сеть, первоначально не соединялись вместе, а неподвижно нашивались на кожаное платье (впрочем, это была ещё не кольчуга). Самые

Изготовление кольчуги. Рисунок 1425-1436 гг.



Изготовление кольчуги и необходимый инструмент: 1 – стержень для навивки и нарезания колец; 2 – устройство для завода концов колец друг на друга; 3 – расплющиватель; 4 – прокалыватель отверстий под заклепки; 5 – готовые кольца и образец кольчужного плетения «4 в 1» (а – каждые пять колец соединяются в цепочку и вторая такая же цепочка раскладывается параллельно первой; б – параллельно расположенные цепочки соединяются между собой новыми кольцами и т.д.)

Кольчужное плетение: а – часть колец склёпана, часть сварена, XV в.; б – все кольца склёпаны, XVI в.; в – деталь кольчужного плетения, кольчуга «яцерин», Италия, XV в.; г – заготовки для кольчужного плетения; д – фрагмент современной реконструкции римской кольчуги II в.

ранние кольчуги делались из сведённых колец (т.е. концы куска проволоки, из которого изготовлялось кольцо, ничем не скреплялись). В большинстве кольчуг кольца сваривались или заклёпывались, причём сварные кольца обычно соединялись между собой с помощью заклёпанных, но существовали и кольчуги, в которых все кольца были сварными.

Форма колец не всегда была идеально круглая – нередки случаи, когда каждое кольцо ковалось отдельно, причём на одном конце его предусматривалось отверстие, а на другом – небольшой выступ, заменяющий заклёпку; выступ этот пропускался в отверстие соседнего кольца, а затем оба кольца склёпывались. Такого вида склёпка получила название ячменного (ржаного) зерна. В кольчуге ряды из разных колец обыкновенно располагали горизонтально или чередуя ряд колец с рядом зёрен, или только ряды зерен, но направленные в разные стороны.

Кольчуга снабжалась капюшоном для защиты головы. Подобно другим частям рыцарского вооружения, кольчуга не оставалась без украшений. По нижнему её краю, а также по краям её рукавов из проволок, пропускаемых в отверстия колец, делалось некоторое подобие кружев или шитья. Часто для большей нарядности в кольчугу вплетали кольца из цветных металлов: меди, золота, серебра; особенно это характерно для восточных кольчуг.

В саге о Беовульфе – легендарном скандинавском воине – есть слова: «Рубаха-кольчуга искусной вязки мне послужила, шитая золотом, верной защитой...»

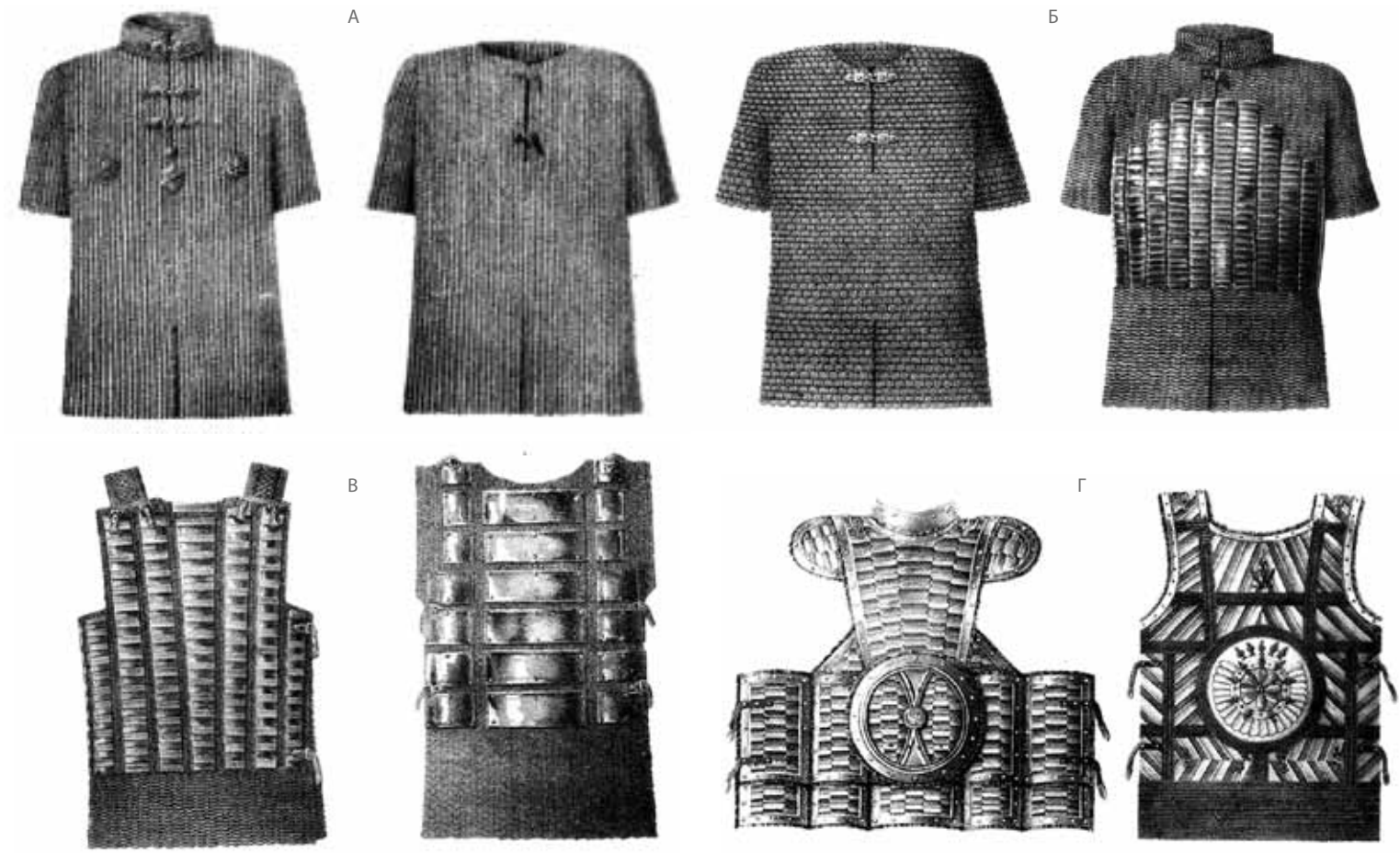
Древнесаксонские воины, VII в.
Современная реконструкция

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

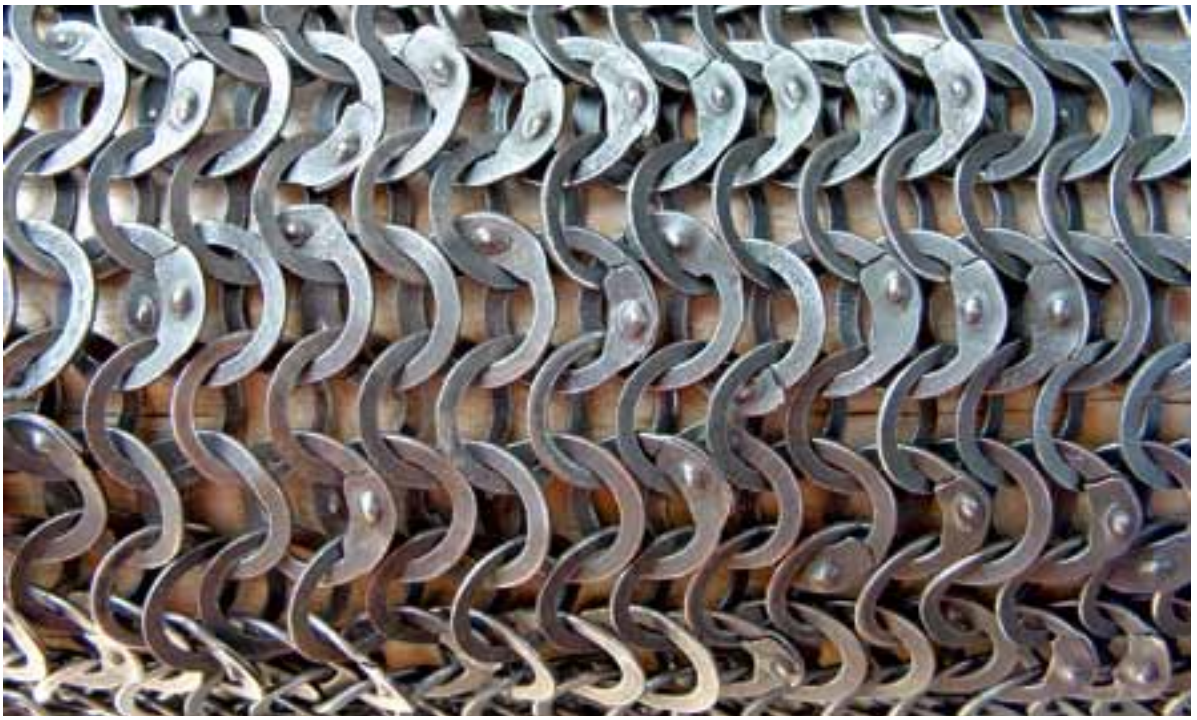
Несмотря на то что родиной кольчуги считается Галлия, в раннем средневековье во Франции кольчуги считались дорогим импортным товаром, который ввозили, в частности, из Руси. Русская кольчуга упоминается, например, в героическом французском средневековом эпосе «Рено де Монтобан». Большим мастерством в плетении кольчуг отличались викинги. В частности, в саге о Беовульфе – легендарном скандинавском воине – есть слова: «Рубаха-кольчуга искусной вязки мне послужила, шитая золотом, верной защитой...»

Учитывая, что именно славяне и викинги имели систематические контакты с Византией, а также тот факт, что в Европе кольчуга получила широкое распространение только в эпоху крестовых походов, можно утверждать, что на заре средневековья искусство изготовления кольчуг в Европе было утрачено (или, по крайней мере, мало распространено). Оно продолжало развиваться лишь в Восточной Римской империи – Византии. Возможно, это связано с утратой искусства волочения (точнее, изготовления качественных волок): известно, что в Западной Европе при изготовлении раннесредневековых кольчуг каждое кольцо ковалось отдельно. По этой причине в «рядовых» кольчугах кольца выбивались из железного листа (т.е. были плоскими). Таким образом, европейская кольчуга стала действительно европейской лишь с XI в., в результате Крестовых походов.

Впрочем, вопрос этот неоднозначен. Так, известный коллекционер и знаток оружия конца XIX в. Вендален Бехайм считал, что даже после осовения волочения кольчужные кольца ещё долго делали ковкой и вырубкой, поскольку иное «было бы против всех правил ремёсел». По его сведениям, только к концу XVI в. появились лёгкие кольчужные рубахи из волоченой проволоки, но кольца в них не заклёпывали и не сваривали, а сгибали и закаляли.



Кольчужные и кольчужно-пластинчатые доспехи (русский вариант), из кн. А.В. Висковатова «Историческое описание одежды и вооружения Российских войск»: а – панцирь и кольчуга; б – байдана (бандана) и бахтерец; в – бахтерец и колонтарь; г – зерцала



Кольчужное плетение из плоских колец

В эпоху Крестовых походов в постоянный обиход входят кольчужные чулки – «леггинсы», или «шоссы» (рус. «нагавницы»). Кольчужную рубаху (иногда до пят) северные народы называли бирни, а остальные народы Европы – хауберк.

Важнейшим преимуществом кольчуг перед другими видами доспехов раннего средневековья была возможность их быстрого ремонта в полевых условиях. Известны многочисленные примеры присутствия в войсках мастеров, способных починить кольчуги прямо в походе. Об этом свидетельствуют также наборы специальных инструментов, найденные при раскопках на местах сражений.

Существовали кольчуги разных степеней защиты, размеров и массы, поэтому сам по себе кольчужный фрагмент почти невозможно точно датировать, если нет сопутствующей информации. Так как кольчуги делались из железа, они были весьма подвержены коррозии, поэтому не удивительно, что от бесчисленного множества средневековых кольчуг до нас дошли единицы и отдельные фрагменты неизвестного происхождения. Но некоторые кольчуги всё же хранились надлежащим образом, поэтому в целости сохранились до наших дней, и теперь представляют огромную ценность.

Рядовые солдаты далеко не всегда носили новые кольчуги. Кольчуги могли служить на протяжении поколений, поэтому можно даже предположить, что в средние века встречались образцы, сохранившиеся с древних времен.

Сама по себе кольчуга в средневековье была, прежде всего, вспомогательной защитой, поскольку, эффективно защищая от резаных ран, она, будучи мягкой, не могла защитить ни от колотых ран, ни, тем более, от травм внутренних органов и переломов. Например, удар тяжёлым боевым топором мог быть смертельным, даже если он и не разрубал кольчугу. По этой причине кольчуги часто дополняли металлическими пластинами, которые распределяли нагрузку удара по большей площади, а также защищали жизненно важные органы от стрел. Существовало много типов кольчужных и кольчато-пластинчатых доспехов, главными отличительными признаками которых являлись способ крепления колец и присутствие в кольчуге металлических пластин различной формы и величины.

РУССКАЯ БРОНЯ

На Руси выделяли следующие виды кольчужной брони: панцирь, байдану, бахтерец, колонтарь, юшман, зерцала. Слово панцирь происходит от греческого «пансидерион», которое можно перевести как «охваченный железом» или «цельножелезный» (от pan – всё, охватывающий всё и sideros – железо). Главной отличительной особенностью панциря является способ крепления колец. Расплюснутые концы кольца соединялись специальным шипом, укреплённым на одном из концов. Инструментом для скрепления колец служили особые обжимные щипцы. Такой способ позволял осуществлять плетение быстрее.

Различают несколько видов панцирей, из которых наиболее примечательным является коробчатый панцирь. Он сплетался из колец продолговатой формы, причём ряды колец располагались не по прямой линии, а по дуге, подобно коробковому своду здания – отсюда и название панциря. Такая конструкция придавала панцирю способность растягиваться в момент надевания и облегать тело воина без лишних складок. Число колец в панцире доходило до 60 тысяч, но более производительная технология плетения позволяла изготовить его быстрее, чем любую другую кольчужную броню. Тем не менее, по подсчетам специалистов, на изготовление панциря одним человеком требовалось около 600 ч непрерывной работы.

Байдана отличалась крупным размером (диаметром до 24 мм) и формой колец – они были плоско раскованы в виде шайб. Плетение из таких колец было редким, поэтому под байдану, которая хорошо держала рубящий удар, часто надевался панцирь из мелких колец, который противостоял колющему удару.

Бахтерец представляет собой подобие куртки или жилета, с застежками на плечах и правом или левом боку и является вариантом комбинированного, пластинчато-кольчатого доспеха. Пластины в нем заменяли тысячи колец, что позволяло сократить время изготовления доспеха почти вдвое. Бахтерец более чем наполовину состоял из мелких металлических пластинок. Причём каждая пластинка накладывалась на другую так, что открытой оставалась только ее половина или треть, а остальная часть закрывалась последующими пластинками. По краям пластины были скреплены между собой кольцами. Таким образом, получался двойной или даже тройной слой пластинок, что придавало доспеху значительную прочность и высокую эластичность. Масса бахтерца не превышала массы среднего панциря (около 10 кг). Пластины часто покрывались декоративными украшениями,

Один из видов русских кольчатых доспехов – юшман

БАХТЕРЕЦ ИЛИ «ДОЩАТЫЕ ЛАТЫ»

«Выступи полк из Загорья, вси во бронях… И бе видете страшно в голых доспехах, яко вода солнцу светло сиящу»

серебром или золотом. Ровные вертикальные ряды украшенных пластин бахтерца смотрелись эффектно, и он часто выполнял функцию парадного доспеха. Например, поражающий красотой и изяществом отделки бахтерец, изготовленный для царя Михаила Федоровича, в описи 1687 г. был оценен в огромную по тем временам сумму – 1000 руб.

Юшман представлял собой доспех в виде куртки, иногда с воротом и рукавами. В большинстве случаев застёжки юшмана находились на груди. Он отличается от бахтерца более крупными пластинками и соответственно меньшим их количеством. Если в бахтерце насчитывалось более полутора тысяч пластинок, то в юшмане их было около сотни. Пластины, как правило, украшались надписями, орнаментами, гравировкой, поэтому юшман также довольно часто служил парадным доспехом.

Зерцалами назывались доспехи, состоящие, как правило, из четырёх крупных пластин: передней, задней и двух боковых. Пластины соединялись между собой кольцами или ремнями. Наименование доспеха – чисто русского происхождения: «зерцало» тождественно современному слову «зеркало». Дело в том, что гладкие металлические пластины зерцал обычно шлифовались и начищались до зеркального блеска. Возможно, тщательная шлифовка пластин имела не только декоративное, но и военное значение: в солнечную погоду яркий блеск зерцал мог ослепить противника и помешать ему в сражении. Часто зерцала золотились и серебрились, украшались гравировкой и чеканкой. Зерцала не были самостоятельными доспехами, они использовались только как дополнительные, которые надевались поверх панциря.

Металл колец, к сожалению, постепенно коррозировал, и кольчуги необходимо было чистить. О том, что кольчуги были чищены, т.е. светлые и блестящие, сообщает Лаврентьевская летопись: «Выступи полк из Загорья, вси во бронях…И бе видете страшно в голых доспехах, яко вода солнцу светло сиящу» (И смотреть страшно на воинов в голых доспехах, так как они блестят светлее, чем вода на солнце). Для чистки кольчуг применялось специальное приспособление в виде закрывающейся бочки с веретеном, в которую клали кольчугу, посыпанную мелким песком, и вращали её.

Необходимо отметить, что в XVI в. на Руси чётко разделялись понятия «броня» и «доспех». Под бронёй (от слова «оборонять») понималась исключительно кольчуга. Доспехом называли пластинчатое или «дощатое» (из железных дощечек) защитное вооружение.

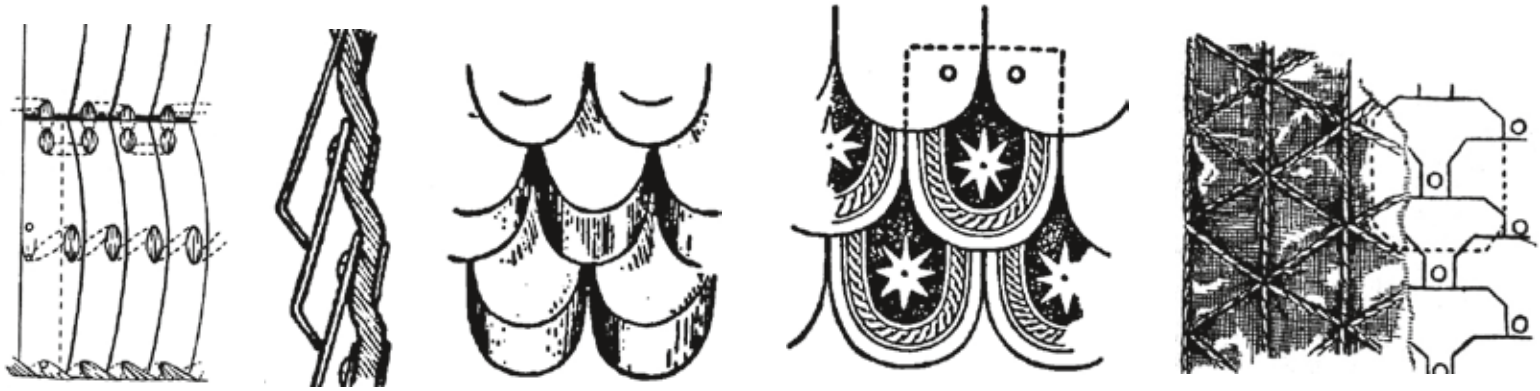
ДОСПЕХИ ИЗ РЕМНЕЙ И «ЧЕШУИ»

В раннем средневековье наряду с кольчугой повсеместно, и на Востоке, и на Западе, существовали различные модификации доспехов: «ремённого плетения» и «чешуйчатой брони». Древнейшая система ремённого или пластинчатого доспеха, очень долго державшаяся в воинском обиходе, не требовала кожаной основы. Удлинённые прямоугольные пластинки размером примерно 8×10 см непосредственно связывались ремешками. Судя по сохранившимся изображениям, такой доспех достигал бёдер и делился по высоте на горизонтальные ряды тесно сжатых продолговатых пластин. Впоследствии стальные пластины стали крепить к кожаной или стёганой куртке – гамбезону. В Московской Руси доспех ремённого плетения называли «ярык» или «коар».

Чешуйчатый, или ламеллярный (от лат. lamella – пластинка, чешуйка), доспех был устроен по-другому: пластины размером примерно 6 × 6 см, т.е. почти квадратные, пришнуровывались к кожаной или плотной матерчатой основе, надвигаясь одна на другую, как черепица. Чтобы пластины не отходили от основы и не топорщились при ударе или резком движении, их скрепляли с основой одной-двумя центральными заклёпками. Таким образом, металлические пластины панциря действительно создавали впечатление чешуи: в местах наложения пластин друг на друга защита оказывалась двойной. К тому же пластины были изогнуты, что позволяло ещё лучше отводить или смягчать удары вражеского оружия. По сравнению с системой ремённого плетения такой панцирь оказывался более эластичным.

В Европе ламеллярные доспехи использовались как вспомогательные, зато в Азии этот вид доспеха был ос-

Пластинчатый (а) и чешуйчатый (б) доспехи (альбом «Оружие и доспехи Руси X–XVI вв.». Худ. В. Семёнов)



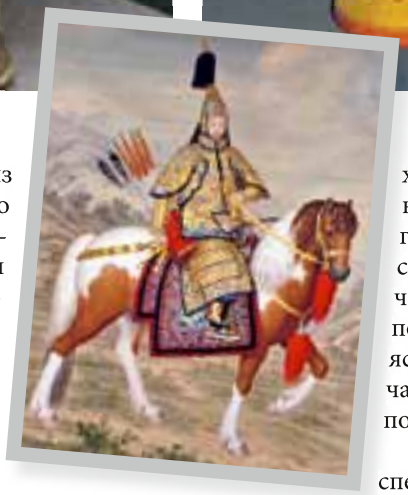
А Б В Г

Варианты конструкции чешуйчатых доспехов: а – конструкция ламеллярной брони (Национальный исторический музей Стокгольма); б – чешуйчатая броня (Британский музей); в – деталь чешуйчатого колета (оружейная палата Тауэра, Лондон); г – конструкция куртки «Джек» – дублета (слева – лицевая часть, справа – изнаночная, на которой располагались пластины) (Британский музей)

Японские самураи в ламеллярных доспехах

Азиатский ламеллярный доспех

Азиатские куяки: слева – доспех XVIII в., Национальный музей Индии, Раджастан; справа – униформа императорской охраны времён династии Цин (1644–1912 гг.)



Император Цяньлун в церемониальном доспехе, 1739 или 1758 гг.

новным. Произошёл он, по-видимому, из Ирана и быстро завоевал признание во всём регионе. Доспех широко использовался китайцами, монголами, народами Сибири, ламеллярным является классический самурайский доспех. В Индии ламеллярный доспех использовался до XVIII в. Если в Европе он применялся, как правило, для защиты верхней части тела, то сибирский и азиатский варианты могли представлять собой чешуйчатый «халат» или «костюм», защищавший воина от головы до колен.

Вплоть до середины XIII в. русские традиции изготовления доспехов практически не отличались от европейских. Однако с приходом на Русь монголов ситуация изменилась. В отличие от Западной Европы, где конструкция доспеха достигла своей высшей точки в полном пластинчатом доспехе, на Руси развитие доспеха пошло по восточному пути. Этим объясняется тот факт, что полный пластинчатый доспех на русской земле так и не появился.

В Московской Руси ламеллярный доспех именовался словом куяк (от монгол. хуяг – доспех). Причём для монгольской традиции (которую они, по-видимому, переняли от китайцев, стремившихся уподобить доспех гражданской, в первую очередь придворной, одежде, не снижая его защитных ка-

честв – аналогично европейской бригандине) характерны куяки с металлическими пластинами, «спрятанными» под подкладкой, в то время как в русской традиции пластины зачастую крепились «напоказ», поверх основы. Это объясняется, скорее всего, тем, что восточные доспехи подобного типа были скорее придворными и церемониальными, чем боевыми, в то время как на Руси они использовались именно по прямому назначению и украшать их снаружи тканью и вышивкой, которая будет повреждена в первом же бою, не было никакого смысла.

ПОДДОСПЕШНАЯ СТЕГАНКА

Необходимо отметить, что металлические доспехи бесполезны без стёганки под ними. Просто кольчуга, одетая на голое тело, приносит едва ли не больше вреда, чем если бы её совсем не было. Стёганый костюм носился под полные рыцарские латы – он состоял из куртки, штанов и подшлемника. По сути, саму стёганую одежду можно клас-

Рыцарь покидает Рай для битвы с Дьяволом. Средневековая миниатюра

сифицировать как лёгкий доспех. Стёганая куртка шилась из плотной ткани типа мешковины (в средневековье её делали изо льна), набитой каким-либо плотным материалом, например паклей или ватином. Восточный доспех раннего средневековья вообще, как правило, конструировался на тканевой основе. Например, индомусульманский доспех представлял собой шёлковый кафтан (обычно чёрный), на который нашивались в определенном порядке стальные бляшки, а грудь, спина и бока защищались стальными пластинами (зерцалами). Отсюда происходит название доспеха «шараина», что значит «четыре зерцала».

Производство кольчуг арабы освоили во II в. до н. э. Древнейшее сообщение о кольчуге встречается в Коране, где говорится о том, что Бог руками Дауда (Давида) размягчал железо и при этом говорил: «Сделай совершенный панцирь из него и соедини его основательно кольцами». Арабы называли кольчугу латами Дауда. Кольчуга, изготовляемая из перемежающихся стальных и медных колец, надевалась поверх шараины. Это делалось для того, чтобы во время контакта лезвия искривлённого восточного меча или сабли с кольчугой медь, обладающая высокой вязкостью, задерживала движение оружия и кольчуга, скользя вместе с ним по шараине, смягчала силу удара. О такой кольчуге великий ученый Востока аль-Бируни в XI в. писал: «Кольчуги предназначены для посрамления оружия [врага] в бою, они защищают от того, чем действуют противники, и от ударов, отрубающих голову».

СПЛОШНОЙ ДОСПЕХ

С началом эпохи крестовых походов (XI–XIII вв.) интенсивность обмена военными технологиями между Востоком и Западом резко возросла. Производство наступательного оружия, особенно мечей, достигло такого совершенства, что кольчуги стали малопригодны для защиты, в том числе от стрел луков и арбалетов. В Европе постепенно начинают покрывать железными пластинами всё тело воина, составляя сплошной доспех, который также именуется «дощатым», «готическим» или «белым».

Доспех средневекового западноевропейского воина эпохи крестовых походов состоял из следующих частей: шлем с гребнем, наносником и забралом; воротник; наплечники, трубчатые прикрытия и налокотники; перчатки из кожи или металлической чешуи. Для защиты груди и спины использовали соответственно нагрудники и наспинники, для защиты живота – набрюшники и юбку, а налядвенники, наколенники и латные башмаки применяли для защиты ног.

Переход к сплошному доспеху потребовал внедрения совершенно новых форм обработки металла, так как его многочисленные (иногда до 1000 единиц) детали ковались главным образом в холодном состоянии. При этом резко возросли требования к качеству исходного материала.

РАЗМЕРЫ ГОРНОВ ДИКТУЮТ ФОРМУ ДОСПЕХОВ

Детали доспехов выделывали из биллетов (брусков) железа; эти полуфабрикаты получали из железной крицы путём её проковки после извлечения из сыродутного горна. Форма брусков была удобна для перевозки, ведь выплавка железа производилась вблизи источников сырья – железной руды или леса, а оружейные мастерские, как правило, в крупных городах – ближе к потребителям продукции. Биллеты расковывали в плоские пластины вручную или водяными падающими молотами.

Здесь следует остановиться на одном принципиальном моменте, который, как нам кажется, имел определяющее значение для технологии производства сплошного доспеха. Весьма сомнительно, чтобы такая очевидная мысль, как полная защита человека металлической пла-

Переход к сплошному доспеху потребовал внедрения совершенно новых форм обработки металла, так как его многочисленные (иногда до 1000 единиц) детали ковались главным образом в холодном состоянии. При этом резко возросли требования к качеству исходного материала.

стиной анатомической формы, пришла в голову мастерам-оружейникам лишь в средние века. Представляется, что использование воинами Древнего мира и раннего средневековья кольчатых, пластинчатых и чешуйчатых доспехов связано отнюдь не с недогадливостью мастеров, а обусловлено технологическими ограничениями.

Напомним, что на протяжении многих сотен лет основным агрегатом для производства железа из руд оставался сыродутный горн, масса крицы в котором составляла лишь несколько килограммов. При этом содержание углерода по объёму крицы было крайне неоднородным – от практически полного отсутствия до значений, характерных для стали. Кроме того, крица была пропитана шлаком, который требовалось «выжать» из неё путём проковки (при этом немалая часть металла окислялась и переходила в окалину).

Таким образом, из крицы обычного сыродутного горна просто невозможно было получить пластину достаточных размеров и толщины, однородную по составу, пригодную для изготовления, скажем, нагрудной

ОРУЖЕЙНАЯ МАСТЕРСКАЯ НА СРЕДНЕВЕКОВОЙ МИНИАТЮРЕ

пластины доспеха. Гораздо проще было сделать небольшие заготовки, из которых затем можно было отковать кольца, пластины для ремённого доспеха или чешую для ламеллярного. В пользу этой версии говорит то, что цельные (цельнолитые) бронзовые шлемы, кирасы, наручи и прочие детали доспеха с успехом изготовлялись ещё в Древней Греции. В то же время раннесредневековые железные и стальные шлемы вплоть до XIV в. были сегментными, т.е. склёпывались из отдельных частей-сегментов.

Ситуация принципиально изменилась, когда горны начали стремительно увеличиваться в размерах. При этом, разумеется, росла и масса крицы, а также (за счёт увеличения интенсивности притока воздуха в агрегат) и температура в горне. Повышение температуры создало условия для формирования более однородной крицы, из которой стало возможным производить заготовки, пригодные для производства достаточно крупных пластин – заготовок для будущих цельнокованых доспехов и шлемов. Вероятно, именно благодаря этому и прославились немецкие, североитальянские (миланские и флорентийские) и испанские мастера-оружейники, ведь для работы они использовали более однородное железо, произведённое в каталонских горнах и штюкофенах – наиболее высокотемпературных металлургических агрегатах своего времени.

ДОСПЕХИ: ЖЕЛЕЗНЫЕ, СТАЛЬНЫЕ ИЛИ «ОСТАЛЕННЫЕ»?

В подавляющем большинстве книг, посвящённых средневековым доспехам, можно прочитать, что доспехи изготовляли из стали. Однако это представляется весьма сомнительным. Дело в том, что для того чтобы что-то изготовить из стали, её надо иметь в наличии. Однако напомним, что в сыродутном горне получалось ковкое железо, бедное углеродом, и, чтобы получить из него сталь, требовалось его науглеродить с помощью процесса цементации.

Промышленная цементация железа появилась только в XVIII в., во многом благодаря работам Рене де Реомюра. Конечно, этот процесс был известен задолго до Реомюра, однако цементации подвергались уже готовые изделия, а не исходные заготовки. Это было связано с тем, что длительный процесс цементации ввиду отсутствия теоретических основ технологии был трудно управляем и малейшая ошибка могла привести к «переуглероживанию» металла, в результате чего он становился полностью негодным к дальнейшему использованию – его нельзя было ковать.

Переплавлять железо, сталь и чугун тогда не умели – эта технология появилась лишь с появлением кричных (фришевальных, рафинировочных) горнов для переплавки чугуна, т.е. после появления доменной печи. Таким образом, доспехи изготовлялись из ковкого железа, а уже после получения готового изделия (или его деталей) оно могло подвергаться цементации. В этом случае переуглероживание уже было не так страшно – оно лишь повышало прочность уже готового изделия, хотя и могло привести к повышению его хрупкости.

Итак, доспехи могли быть как железными, так и «осталенными» по поверхности – об этом говорят результаты исследований английских доспехов, которые показали, что наружная часть их намного твёрже, чем внутренняя. Также для производства доспехов, по-видимому, использовалась сталь, полученная «брюссельским методом», т.е. сплавлением ковкого железа с чугуном, при котором содержание углерода усреднялось и получалась сталь. Однако этот способ всё-таки относится к более позднему периоду, когда уже научились производить жидкий чугун.

Кроме того, важную роль играло то, для кого предназначались доспехи: именитые оружейники обслуживали особ королевской крови и знатных людей, рядовые же доспехи делали менее умелые мастера, профессиональные и финансовые возможности которых (как и финансовые возможности их заказчиков) были значительно скромнее. Рыцари и капитаны носили очень до-

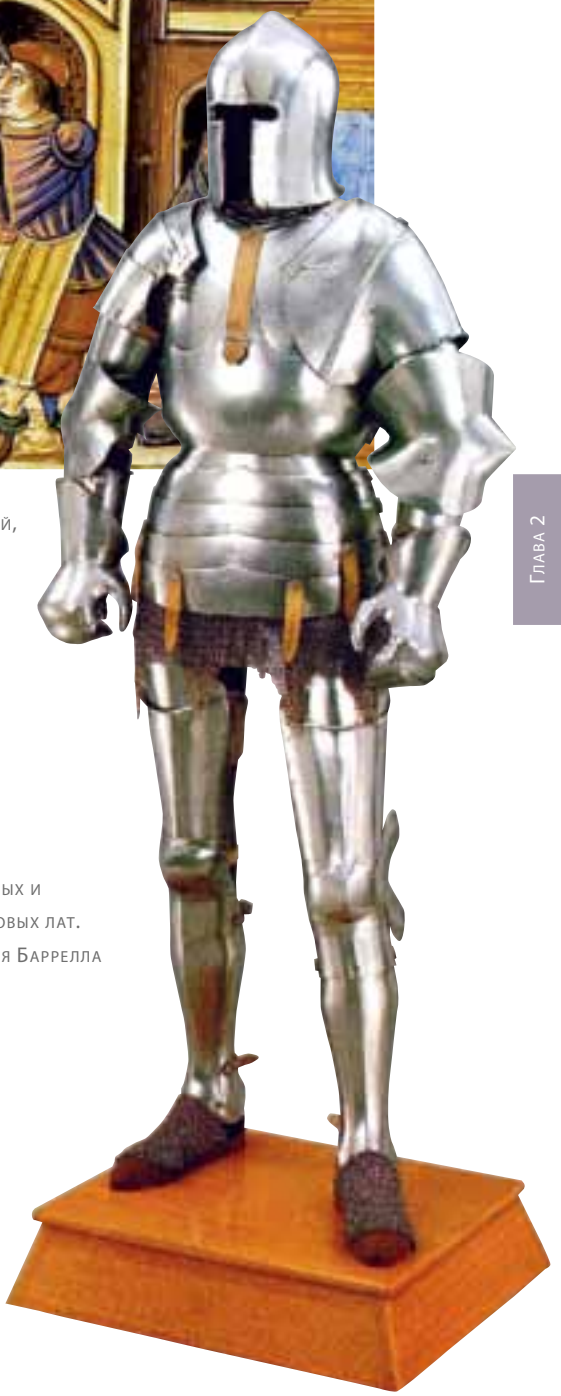
Изготовление доспехов.
Рисунок 1425-1436 гг.

Изготовление панциря в доспешной мастерской, миниатюра XVI в.

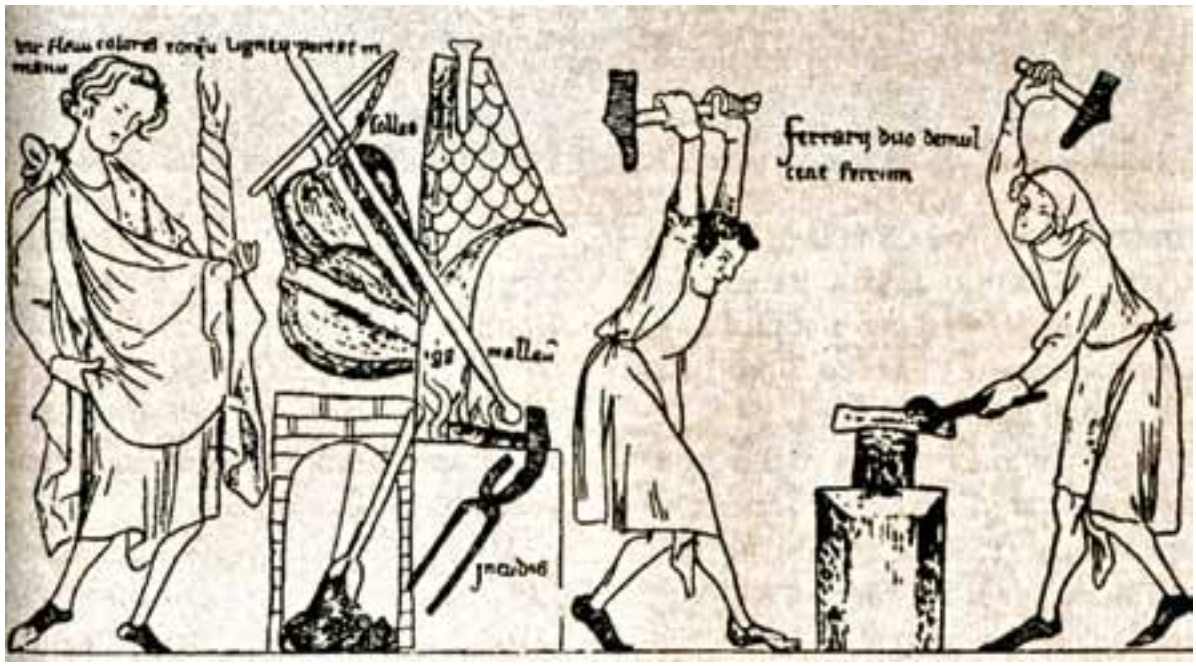
рогие и качественные доспехи. Вообще доспехи выпускались в разных ценовых категориях, встречались на удивление дешёвые подержанные комплекты, прошедшие ремонт. Однако больших переделок доспехов не делали, поскольку жизнь владельца напрямую зависела от того, насколько хорошо пластины подогнаны друг к другу.

КОВКА НА ШАБЛОНЕ, ЗАКАЛКА И ОТПУСК

Выковать вручную большую и прочную доспешную пластину было нелегко, это искусство было освоено только к XIV в. Поэтому мастера делали дифференцированное бронирование: в местах, куда не мог попасть сильный удар, толщина пластины могла быть меньше миллиметра, а, скажем, на срединном ребре грудной кирасы могла доходить до 8 мм и более. Нагрудник был толще спинной части кирасы, а его средняя часть толще, чем боковые; передняя часть шлема, защищавшая темя, была толще, чем часть, прикрывающая затылок. Для выполнения черновой ковки широко использовался молот с приводом от водяного колеса. После того как пластины в целом были выкованы, им придавалась нужная форма вручную. Мастер указывал точку, куда бил тяжелым молотом подмастерье. На протяжении столетий именно так передавалось кузнечное мастерство.



Комплект кованых, чеканенных и цементированных средневековых лат. Милан, ок. 1450 г. Коллекция Баррелла



Ковка железной пластины в средневековой мастерской (слева – кузнечный горн для нагрева металла перед ковкой)

Многие детали (и со временем их становилось все больше) вырезались из откованной пластины по лекалам, а затем ковались на шаблоне (форме). Шаблоны представляли собой наборы небольших наковален различной формы. Затем части доспеха подравнивали с помощью режущих машин. Для придания пластине основной грубой формы применяли холодную ковку, хотя в процессе ковки пластину несколько раз отжигали для снятия внутренних напряжений и смягчения. Некоторые детали, например загнутые или завёрнутые края, можно было изготовить только путем горячей ковки.

Важным этапом изготовления доспеха была его термическая обработка – закалка и отпуск. Состав закалочных сред и режим термообработки были едва ли не самыми главными секретами средневековых цехов и семей оружейников, которые, совершенствуясь, передавались из поколения в поколение. Так, самая лучшая технология закаливания, согласно металлографическим исследованиям, была у знаменитой семьи оружейников Зойзенхоферов. В то же время анализы образцов доспехов, на которых стояло клеймо семьи Трейтц, показали, что эти доспехи были не всегда изготовлены из грамотно термообработанной стали. Только во втором поколении этих доспешников третья часть произведённой ими стали была качественно закалена и отпущена.

Однотипные доспехи (кирасы и т.п.) для солдат делались из дешёвого металла. Качество их закалки было невысоким, кроме того, в них зачастую содержалось большое количество фосфора, а иногда и серы. Вероятно, высокое содержание фосфора было обусловлено его переходом в металл из руды, и для качественных доспехов знати такой металл не использовался. Наличие серы, кроме того, можно объяснить применением при ковке в кузнечном горне каменного угля вместо древесного.

ПОДГОНКА, ПОЛИРОВКА И УКРАШЕНИЕ

После того как всем заготовкам придавали нужную форму, наступала самая трудная и ответственная часть

Полировка доспехов. Рисунок XVI в. (на заднем плане видно колесо водяного привода)

Шлем Александра Фарнезе, полководца и испанского наместника в Нидерландах, оружейник Луччио Пиччинио. Милан, 1578 г.

работы – сборка и подгонка деталей. Этот этап был самым важным, потому что, если разные детали не подходят друг к другу или не перекрываются, то не выполняется главная цель изготовления доспехов – они не защищают владельца, не обеспечивают гибкость и свободу движений.

Когда сборку и подгонку деталей заканчивали, изделие передавали полировщикам, которые чистили и полировали доспехи на водяных абразивных колесах. Если доспехи предполагалось украсить насечкой или инкрустациями, то дальше готовое изделие передавали гравёрам или ювелирам, а когда они заканчивали свою работу,слесарь навешивал на готовые доспехи петли, застёжки и ремешки. И, наконец, с внутренней стороны делали подкладку и завершали окончательную сборку готовых лат.

ЗАЩИТА ГОЛОВЫ

Горячей ковкой изготовляли наиболее ответственную деталь защитного вооружения – шлем. В позднем средневековье шлемы всегда старались выковывать из цельного куска стали – это делало его более лёгким, не уменьшая прочности изделия. Чтобы выковать шлем из одного куска, последний брали достаточной толщины и круглой формы, накаливали докрасна, ударами тяжёлых молотов придавали ему необходимую чашеобразную форму и только потом производили тонкую обработку посредством резца и молотка. К XVI в. выделка шлемов была доведена до такого искусства,

Изготовление доспехов в XVI в. (из книги Йоста Аммана «Stande und Handwerker», 1598 г.):
слева – плакировщик; справа – бруннер

что вместе с тульей из одного куска металла часто выдвигали гребень высотой 12 см; как ручная работа, это невероятно сложное и трудоёмкое производство.

Шлем никогда не надевался прямо на голову – он всегда снабжался мягкой подкладкой – подшлемником. Арабы, как правило, использовали для подшлемников войлок, в Западной Европе обыкновенно на голову рыцаря надевали пуховую шапочку, поверх которой был ещё полотняный или шёлковый чепец. На Руси предпочтение отдавали меховым подшлемникам – «прилбицам». До появления сплошного доспеха шлемы снабжались специальными нащёчниками из кожи и ремнями для застёгивания под подбородком. Также из цельного куска железа методом горячей ковки изготовлялись круглые щиты – рондаши.

КЛЕЙМА ОРУЖЕЙНЫХ МАСТЕРОВ

На большинстве добротных доспехов можно обнаружить клеймо оружейника – индивидуальное или цеховое. В некоторых случаях клеймо проставлено только на основных частях, в других случаях – на всех частях и даже на каждой пластине. Иногда на наружной (правда, чаще всё же на внутренней) стороне доспехов можно видеть знак владельца – это гравированные или нарисованные значки (магические формулы или изображения амулетов).

Эти знаки и отметки изготовителя, своего рода подписи, свидетельствуют о гордости людей, делавших доспехи. Оружейники стремились оставить свой знак, свидетельство того, что латы сделаны именно ими. Иногда знак ставился как символ верности сюзерену. Кроме того, в изготовлении доспехов можно увидеть элементы гражданского достоинства, так как в дополнение к клеймам оружейников на них часто можно наблюдать «виды городов», где проживали мастера, или заметить гербы правителей (особенно это касается изделий, изготовленных в конце средневековья).

Также клейма известных мастеров играли роль своеобразного «знака качества», «бренда», свидетельствующего о безусловном качестве изделия, произведённого известным мастером или мастерской. При этом, поскольку малоизвестному мастеру, даже если он изготовлял продукцию высочайшего качества, сложно было сбывать свой товар, не будучи «раскрученным», известным, зачастую простейшим способом привлечения покупателя было использование клейма знаменитого мастера.

Наковальня и клещи оружейника. XVI в. Британский музей

КОРПОРАЦИИ ОРУЖЕЙНИКОВ

Сложность изготовления многочисленных деталей вооружения привела к разделению труда оружейников, они стали специализироваться на производстве различной продукции. В XII в. создаются гильдии «бруннеров» – мастеров кольчатых плетений и «плакировщиков» – мастеров плющильных работ. На Руси мастеров изготовления кольчуг называли «бронниками». В крупных городах они селились в Бронных слободах. Так, название соответствующей столичной слободы дало имя Большой и Малой Бронным улицам в центре Москвы.

В начале XIV в. итальянский автор Гальвано Фьярнма так описал детали работы оружейников Милана, одного из важнейших центров оружейного производства в XIII–XVI вв. Фьярнма писал: «На нашей территории обитают в великом множестве ремесленники, изготовляющие хауберки, нагрудники, шлемы, ожерелья, рукавицы, поножи, набедренники, копья, мечи и так далее. Вещи эти делаются из твёрдого железа, сверкающего, как зеркало. Одних только изготовителей кольчуг насчитывается не меньше сотни, не говоря уже

«Оружейная мастерская». Давид Тенирс мл. и Питер Брейгель мл., 1640-1645 гг.

Бригандина: J – типичная бригандина конца XV в., отделанная бархатом; K – аналогичная конструкция бригандины с коротким рукавом и подолом (надета поверх доспехов, из-под бригандины виден воротник камзола); L – пластинчатые доспехи, покрытые тканью (в данном случае требуется гораздо меньше заклёпок); M – накладные оплечья – частая деталь доспехов; N – оплечья также могут быть рукавами бригандины, поддетой под кирасу; O – слегка изогнутые перекрывающиеся металлические пластины, закреплённые заклёпками на матерчатой основе, из которых набиралась бригандина; P – итальянская бригандина со множеством заклёпок, мода конца XV в. (под бригандину поддета кольчуга с рукавами «три четверти»)

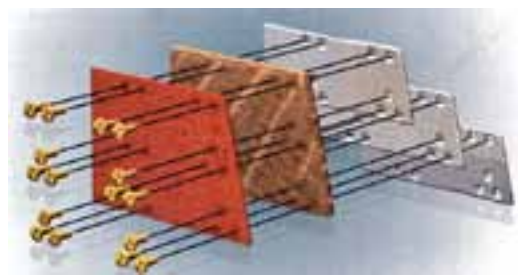
о бесчисленных подмастерьях, каковые с величайшим умением делают кольца для кольчуг. Есть мастера, делающие круглые щиты, большие и малые, а людей, делающих оружие, и вообще невероятное множество. Этот город снабжает оружием все города Италии и вывозит его даже к татарам и сарацинам». Таким образом, мы имеем составленное очевидцем свидетельство того, что в средние века среди оружейников существовала известная специализация, так как каждый ремесленник выполнял определённый вид работ.

Из списков ремесленников, работавших в XVI в. в гринвичских оружейных мастерских Генриха VIII, следует, что в мастерских существовала глубокая специализация: «молотобойцы» ковали пластины, «вальцовщики» формовали и полировали пластины после ковки, «слесари» приделывали к готовым доспехам петли, застежки и крепления.

БРИГАНДИНА – СВЕТСКИЙ ДОСПЕХ И ПЕРВЫЙ «ВЫКРОЕННЫЙ» КОСТЮМ

К концу XII в. формируется еще один вид доспеха, который изготовлялся наклёпыванием металлических пластин на кожаную или тканевую основу изнутри. Из пластинчатой куртки развивается принципиально новая форма брони – бригандина, которая использовалась повсеместно, в том числе и в странах Востока. Название происходит от фр. brigand – разбойник, негодяй (в прямом и переносном смысле: Petit brigand! – Ах ты, разбойник!). Бригандину часто путают с «бригантиной» (фр. brigantine, итал. brigantino) – двухмачтовым парусным судном XVI–XVIII вв.

Бригандина представляет собой корсаж, образующийся из стальных блях, наложенных друг на друга и закреплённых на одежде из материи или кожи. Этот своеобразный железно-кожаный корсаж покрывался бархатом и шёлком, на котором выступали позолоченные вычеканенные головки заклёпок. В более простых моделях заклёпки лудились для защиты от ржавчины. Часто за-



Конструкция (внешний слой – бархат, далее – кожаная основа, под ней – металлические пластины) и внешний вид бригандины (современная реконструкция)

Внешний вид бригандины с лица и с изнанки, XV в.

Варианты бригандин: слева – бригандина с набедренниками (середина XVI в., Музей истории искусств, Вена); справа – куртка «Джек» – дублет (Англия, конец XVI в., оружейная палата лондонского Тауэра)

клёпки группировались в «розетки» (по три). Внутри корсаж также имел металлические пластинки, скреплённые заклёпками. Эта внутренняя оправа покрывалась тканью или мягкой кожей. Бригандины зашнуровывались спереди или застёгивались на боках. На талии они стягивались поясом, подчёркивая фигуру.

В начале XV в. бригандины становятся короче и принимают особенно изящную форму; иногда к ним добавляют рукава. Когда бригандины достигли известной степени совершенства, их стали носить знатные персоны. Причина широчайшего распространения бригандин заключается в том, что они служили одновременно латами и светским платьем. В подражание бригандинам стали покрывать бархатом латы белого доспеха. На бархате часто крепились украшения из позолоченной меди, присоединявшиеся винтами или заклёпками к стальной кирасе, скрытой под тканью.

СОСЛОВНАЯ ОДЕЖДА И ЗАКОНЫ ПРОТИВ РОСКОШИ

Таким образом, в XIII в. были разработаны фундаментальные основы кроя, которые не могли не повлиять на изменение форм как мужского, так и женского костюма. Теперь фасон уже не зависел от ширины полотнища, которое, в свою очередь, зависело от ширины ткацкого станка. В конце XIII в. были изданы законы о рангах в одежде, первые законы против роскоши. Согласно этим актам, налагались строгие ограничения на выбор ткани и форму одежды в зависимости от принадлежности к общественному сословию. Вассалы не имели права одеваться так же пышно и богато, как их сюзерены.

Средневековые войны предполагали присутствие в военных лагерях гражданского населения, многих крупных феодалов сопровождали семьи, вассалы, многочисленная прислуга и пр. В этой среде сглаживались различия между обычаями разных стран и происходил процесс смешения и объединения форм костюма. Тип костюма – мужского и женского – в этот период стал единым для большинства стран Европы, а влияние рыцарских доспехов на гражданский костюм стало определяющим.

В XIII–XVI вв. портной (особенно когда это касалось портных, обслуживавших высшие слои общества), как правило, являлся также поставщиком доспехов. Кстати, современный «галантерейщик» («milliner») первоначально был миланским (millaner) торговцем, продававшим оружие, доспехи и одежду. Имеются достоверные свидетельства того, что портные-оружейники образовывали особую гильдию, отличную от гильдии оружейников. Например, в 1272 г. было учреждено «Братство портных-оружейников св. Иоанна Крестителя в городе Лондон». Почётными членами этой гильдии были Эдуард III и Ричард II, утвердивший её устав. Генрих VI пожаловал гильдии право досмотра, которое позволяло членам кор-

Английские солдаты XIV в. Современная реконструкция

ПРОЦЕСС ОБЛАЧЕНИЯ ВОИНА В ДОСПЕХ БРИГАНДИННОГО ТИПА В ЭПОХУ РАННЕГО РЕНЕССАНСА

Сначала надеваются нижнее бельё (камиза, брэ, чепец «каль»), чулки и туфли; затем надевается непосредственно поддоспешный убор: стёганые чулки, распашная стёганая куртка («акетон» или «гамбезон»). После этого надевается собственно бригандинный доспех (поножи, набедренники с наколенниками, бригандина с латными наплечниками, плечевые протекторы, наручи с налокотниками; кисти защищаются латными перчатками). Снаряжение завершается надеванием шлема.

порации инспектировать лавки и мастерские и конфисковывать любые изделия, которые не соответствовали установленному гильдией стандарту. Покровителем оружейников Флоренции был св. Георгий, его статуя работы великого Донателло стояла у церкви гильдии – Орсан-Микеле. У подножия ниши, в которой размещалась статуя, был вырезан герб гильдии.

ЯВЛЕНИЕ МОДЫ

Формат лат непрерывно совершенствовался и усложнялся. Возникает необходимость сделать их удобными в движении и уменьшить массу. Теперь от рыцаря требуется не только физическая сила и выносливость, но и большая ловкость, которая достигается специальными упражнениями и вырабатывает у человека новую манеру держать себя и своеобразную походку. Ловкость становится одним из главных внешних достоинств феодала, и длинные одежды предыдущего периода, в значительной степени скрывающие фигуру, отвергаются. Длинная одежда сохраняется только как торжественное одеяние и сословная принадлежность духовенства, учёных, медиков, судей, членов городского магистрата.

Гербы гильдий: слева – оружейной компании Лондона, справа – оружейников Флоренции

Широкое длинное сюрко заменяется котарди (cotardie) – узкой полуприлегающей верхней одеждой с застёжками по центру переда, а в середине XIV в. – жакетом. Под жакет надевают короткий жак (jaque) или пурпуэн (pourpoint). Обе эти одежды были непосредственно перенесены из рыцарских доспехов, где их надевали под латы. Прилегающая форма пурпуэна, жака и жакета достигалась с помощью выточек, которые ещё не были распространены в XII столетии. В результате к концу XIV в. окончательно сформировался сословный костюм, порождённый условиями жизни в феодальном обществе средневековья. Центральное место в сложившейся системе сословных одежд занимал облегчённый доспех для повседневного ношения. Он постепенно развился из бригандины и получил название светского доспеха. В XIV в. европейский костюм приобрёл столько видов покроя, что, в сущности, до настоящего времени не появилось ничего принципиально нового. Именно в этот период и возникает мода – новое социальное яв-

Основные периоды средневековой европейской моды

Период	Силуэт костюма	Крой костюма	Ткани
IX–XII вв.	Трапеция: в плечах узкий, книзу расширенный	Грубая некроеная одежда	Лён, шерсть, мех, кожа, шелк
XIII–XIV вв.	Вытянутые готические пропорции	Прекрасно сшитая по всем законам портного искусства одежда	Лён, шерсть, шелк, парча, бархат
XV в.	Бургундская мода: вычурность, изысканность линий и удлинённость пропорций		Шёлк, парча, тафта, бархат, шерсть, шарлах, эластичное сукно

А Б

В XIV в. европейский костюм приобрёл столько видов покроя, что, в сущности, до настоящего времени не появилось ничего принципиально нового.

ление, главными чертами которого становятся увлечение новой идеей (новинкой), ажиотажное стремление к подражанию, частая смена форм костюма.

ДЕКОРАТИВНАЯ ОБРАБОТКА ДОСПЕХОВ

На исходе средневековья происходит настоящая революция в технике декоративной обработки стальных доспехов. Использовавшиеся в то время способы их украшения были чрезвычайно многочисленны и разнообразны. Наиболее часто при отделке доспехов применяли чеканку, гравировку, таушировку, позолоту, чернение и оксидирование.

К наиболее простым, механическим, видам декоративной обработки металла относятся чеканка и гравировка. Чеканкой (выколоткой) называют создание рельефного рисунка на металлической пластине (жести) с помощью различных молотков и чеканов. Это весьма сложный и трудоёмкий процесс, когда дело касается именно железа, потому что заготовку приходится обрабатывать в нагретом состоянии. Работа всегда начинается с обратной стороны выколоткой общей пластической формы. Нагретый металлический лист чеканщик выкладывает на кусок свинца. Затем краской наносится рисунок, после чего с помощью молотка и чеканов, представляющих собой стальные стержни с окончаниями различной формы (круглой, треугольной,

В

Светский доспех: а – резная деревянная статуя св. Георгия работы Жака де Берзе, 1390 г., Бургундия, музей изящных искусств в Дижоне; б – полный доспех с бригандиной, Италия, 1400 г., Метрополитен, Нью-Йорк; в – доспехи эрцгерцога Зигмунда Тирольского работы Лоренца Хельмшмида из Аугсбурга, около 1480 г. Венский музей оружия

Император Священной Римской империи Максимиллиан I в мастерской своего оружейника Конрада Зойзенхофера. Гравюра из книги «Белый король». Нач. XVI в.

квадратной и проч.), выбивается рельефный узор. При этом изображения на лицевой стороне получаются выпуклыми. В целях окончательной отделки лицевая сторона подправляется резцом, долотом и особо тонкими чеканами. При гравировке на поверхность доспеха наносили рисунок или рельеф с помощью штихелей. С конца XV в., когда металл защитного вооружения стали обрабатывать травлением, эти две операции часто совмещали для облегчения и ускорения работы.

Способ травления заключался в том, что на поверхность стали наносилась в нагретом состоянии паста, основными ингредиентами которой были воск, битум и древесная смола; потом палочкой из дерева, кости или стали либо иглой дикобраза выполнялся рисунок, переведённый с кальки в слабых линиях, причём слой воска процарапывался до металла. После этого вокруг рисунка делали утолщённую рамку из воска и в получившуюся ванночку наливали травитель. Травитель представлял

собой смесь уксусной и азотной или серной кислоты и спирта. За небольшое время кислая среда разъедала железо, оставляя в нём небольшие углубления, которые затем подправляли тонким резцом. Требовался большой опыт для своевременного удаления кислотной смеси, чтобы она не слишком глубоко разъела железо или чтобы рисунок не получился слишком слабым. Узор мог быть углублённым или выпуклым, часто заполнялся чернью. Этим способом обычно наносили окантовки, полосы и эмблемы.

Ещё одним способом механической декоративной обработки была таушировка (нем. Taushieren, от итал. tausia, от араб. таушия – украшение, расцветка). Таушировка, или врезная инкрустация, представляет собой род техники насечки и заключается в зачеканивании проволоки, полосок или фрагментов из мягкого металла (меди, латуни, золота и серебра) в канавки или гнёзда на поверхности доспеха. Часто эта техника комбинировалась с воронением, при этом, прежде чем воронить металл, мастер делал на его поверхности мелкие насечки в виде сетки. После воронения он снова нагревал изделие и накладывал на его поверхность тонкие золотые пластинки и проволоку, осторожно набивая их молотком на насечённую поверхность. После охлаждения золото прочно соединялось со сталью и насечки полировали до уровня основы или оставляли выпуклый рисунок. Известен другой способ таушировки – вбивной. Проволоку и пластинки из золота или другого цветного металла в этом случае вставляли в углубления, вырезанные на поверхности изделия в соответствии с наносимым рисунком. Созданный таким образом узор также в одних случаях выравнивали с поверхностью изделия, в других – оставляли рельефным.

Сам же способ воронения представляет собой разновидность оксидирования – нагрева металла в муфельных печах, в раскалённом древесном угле, при котором на его поверхности образуется тонка оксидная плёнка, которая в зависимости от толщины имеет различные оттенки. Оттенок оксидирования определяется степенью и режимом нагрева. Помимо оксидирования в чёрный цвет (воронение – наиболее часто используемый способ оксидирования), использовались и зеленые, красноватые, коричневые, синие оттенки. Также металл мог быть фиолетовым или серым.

Одним из наиболее употребляемых способов в отделке доспехов было чернение (ниеллирование, или ниелло (итал. niello, вероятно, от лат. nigellus – черноватый)). Под чернением понимают рисунок, выгравированный на стали или другом металле и заполненный тёмной массой особого сплава металлов – чернью. Чернь состоит из смеси серебра, меди и свинца в пропорции 1:2:3 с добавлением буры. После нанесения на подготовленный металл смесь нагревалась, и после остывания получался тёмно-серый рисунок на светлом фоне, который выглядит очень впечатляюще и благородно.

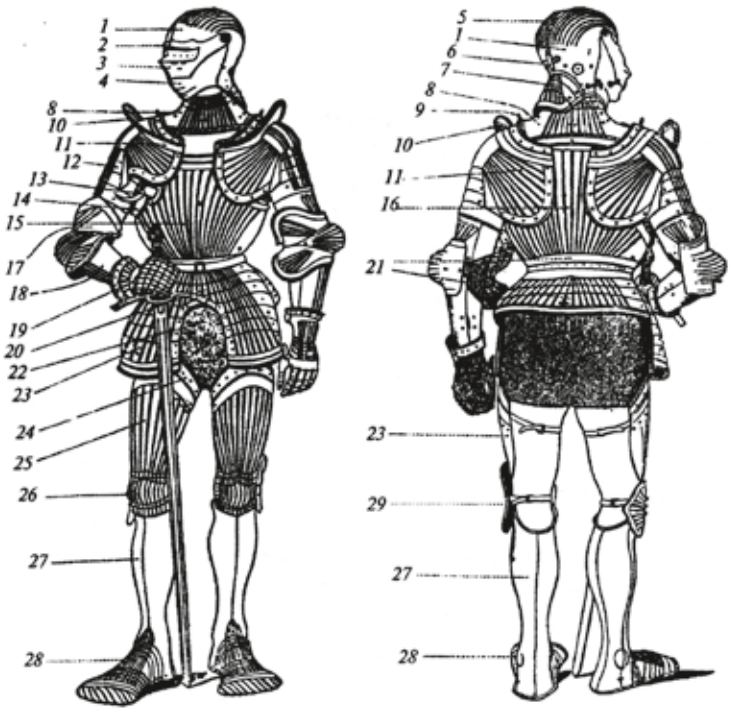
Позолота на все виды вооружения наносилась способом «огневого золочения». Для его осуществления мастер готовил ртутную амальгаму – растёртое в порошок золото с восемью частями ртути. Затем наносил её на выступающие детали орнамента и нагревал изделие. После испарения ртути на поверхности оставался очень тонкий равномерный слой позолоты. Ядовитые пары ртути делали жизнь позолотчика грязной и ужасно короткой, при этом человек, работавший с золотом, получал меньше всех.

РИФЛИРОВАННЫЙ ДОСПЕХ

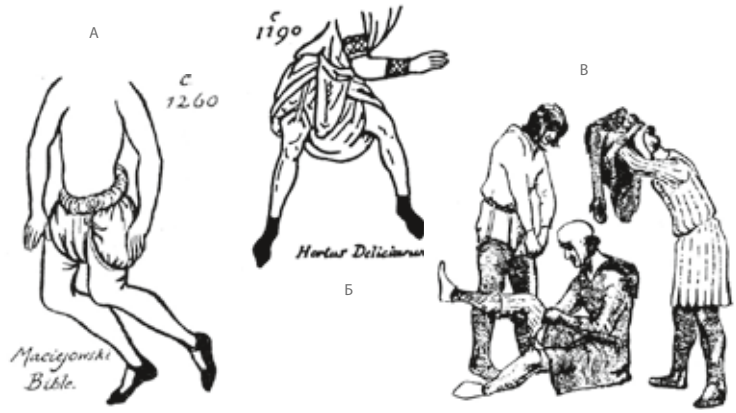
Вершиной искусства плакировщиков считается доспех, появившийся в первой четверти XVI в. Он получил название рифлированного или максимилиановского – в честь императора Священной Римской империи германской нации Максимилиана I (1459–1519 гг.). Название «рифлированный» становится ясным при первом же взгляде на доспех. Поверхность всех его частей покрыта желобками. Гофрированная пластина намного сложнее в изготовлении, но и значительно прочнее за счёт рёбер жёсткости, чем гладкая. Поэтому её можно было делать более тонкой и лёгкой. Желобки на поверхности пластин располагаются не беспорядочно: их направление строго продумано. Они направляют удар клинка или копья вскользь тела и вне шарнирных соединений доспеха.

Максимилиановские доспехи, как правило, выковывались в форме костюма и снабжались налядвенниками, подражавшими пышным буфам, выступавшим из многочисленных разрезов модного платья. Таким образом, рыцарское облачение служило основой для создания новых моделей модной одежды. В отдельных деталях, частях

Доспех Александра Фарнезе, полководца и испанского наместника в Нидерландах, оружейник Луччио Пиччинио, Милан, 1578 г.



Максимилиановский доспех XVI в.: 1 – купол шлема; 2 – забрало; 3 – защита лица; 4 – бугивер; 5 – гребень; 6 – плюмаж; 7 – назатыльник; 8 – ожерелье; 9 – штифты для крепления наплечников; 10 – защита шеи; 11 – наплечник; 12 – верхние наручи; 13 – фокр – упор для копья; 14 – щиток; 15 – нагрудная часть кирасы; 16 – спинная часть кирасы; 17 – налокотник; 18 – наручи; 19 – перчатка; 20 – набрюшник; 21 – защита поясницы; 22 – кольчужная юбка; 23 – набедренник; 24 – верхняя часть набедренника; 25 – нижняя часть набедренника; 26 – наколенник; 27 – поножи; 28 – сабатон (солерет); 29 – щиток наколенника



Мужские повседневные и кольчужные чулки, повязанные поверх брэ: а – Библия Мациевского, 1260; б – «Сад утех», 1190; в – облачение в кольчужный доспех (слева – крепление шосс, в центре – надевание чулок, защищающих бёдра, справа – хауберк, надеваемый поверх стёганого халата)

и элементах рыцарского доспеха впервые были найдены формы костюма, в дальнейшем вошедшие в постоянный обиход и сохранившиеся до настоящего времени. Впоследствии металлу была найдена замена в виде более легких доступных и дешевых материалов.

«Водолей», вторая половина XIV в., музей Барджелло, Флоренция. Кольчужные чулки – «водолеи» – являются самой долгоживущей конструкцией для прикрытия ног в эпоху средневековья. Поверх водолеев с середины XIII в. носили поножи различных конструкций

ЧУЛКИ (ШОССЫ)

Кольчужные чулки были постоянным атрибутом рыцарского боевого снаряжения. В последние ряды колец вверху чулка вплетались кожаные ремни, с помощью которых осуществлялось крепление чулок к поясу. Подошвы кольчужных чулок были кожаными и пришивались к кольчужному полотну снизу прочной нитью. Впоследствии уже тканевые чулки долгое время были мужской прерогативой. В Англии кардиналы предпочитали чулки ярко-красного цвета, а лондонское Общество для учёных бесед, отличавшееся небывалым аскетизмом, одевалось в синие чулки. Отсюда появилось нарицательное выражение «синий чулок», относящееся первоначально отнюдь не к женщинам.

ЮБКА

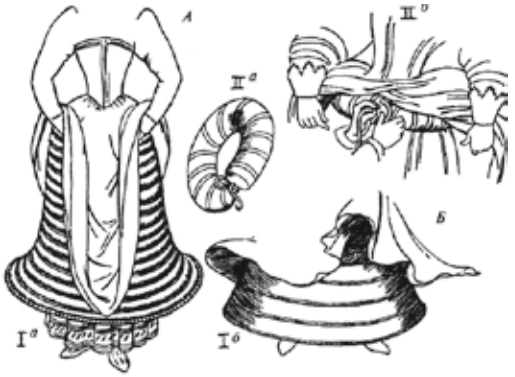
В рыцарском облачении были пластинчатые подолы, которые закрывали тело от талии до основания бедер и имели плавные очертания. Они набирались из горизонтальных стальных полос, находящих друг на друга снизу вверх. По краям пластины соединялись заклёпками, по центру обычно пропускалась дополнительная кожаная полоса, приклёпанная изнутри. Эти пластины назывались тассетами и общим очертанием напоминали юбку. Кроме того, все доспехи имели кольчужные юбки как дополнительную защиту паховой области. Из рыцарского доспеха короткие (выше колена) женские юбки маркитанток вышли как юбки-колокол, далее шло их постепенное развитие и усовершенствование.

КОРСЕТЫ И ЖИЛЕТЫ

Прототипом современных корсетов являются вышеописанные бригандины. Долгое время корсет считался частью мужской одежды. Он изготовлялся из кожи или металла и закрывал всё туловище начиная от шеи и кончая верхней половиной бедра. Моделировать с помощью корсета фигуру додумались, естественно, французы. Произошло это в Бургундии в XIV в. Корсет, появившийся в Испании в XVI в., скорее напоминал орудие пыток. Он

А Б В

Доспехи с защитной юбкой: а – турнирный доспех для пешего боя с тонлетом (юбкой-колоколом); б – парадные доспехи императора Карла V (работа Конрада Зойзенхофера из Инсбрука, 1514 г., Венский музей оружия); в – рисунок доспехов с тонлетом для эрцгерцога Максимилиана (впоследствии – императора Максимилиана II), из альбома образцов гравера Йорга Зорга из Аугсбурга, 1550 г.



Юбка-колокол. Франция, 1570 и 1600 гг.

был целиком металлическим со специальными болтами, позволявшими максимально утянуть фигуру. Металлический каркас первых корсетов обшивали бархатом и в таком виде носили, как правило, на голое тело. Классический корсет появился в том же XVI в. в Италии. Он представлял собой сложную конструкцию из металла, дерева, слоновой кости и китового уса. Постепенно корсеты совершенствовались и видоизменялись. Они делились на мужские и женские. Из мужских корсетов вышли современные жилеты.

РЫЦАРСКИЙ КОДЕКС

Само слово «рыцарь» (как и его синонимы рейтер, шевалье, кабальеро) означает «всадник». Именно закованные в броню всадники благодаря изобретённому ранее стремени, были наиболее значимой военной силой средневековья. Но рыцари были не только профессиональными воинами, но и носителями особого типа культуры, получившей название куртуазной, в основе которой лежало представление о служении Прекрасной даме. Прекрасной даме посвящали рыцари не только свои подвиги, но и свое художественное творчество. Главное место в нём

«Тугая шнуровка». Джон Колет, 1780 г. Справа - различные виды корсетов

занимали так называемые шансон де жест. Они включали прославления Прекрасной дамы и сюзерена и содержали описание героических подвигов рыцарей, совершенных ими во имя любви и торжества христианской веры.

Рыцарский кодекс требовал от того, кто должен был ему следовать, множества достоинств, ибо рыцарь, по выражению Раймонда Луллия, автора известного наставления, – это тот, кто «благородно поступает и ведет благородный образ жизни». «Рыцарское воспитание» включало два семилетних периода: с 8 до 14 лет в качестве пажа и с 15 до 21 года в качестве оруженосца при дворе сеньора. В это время будущий профессиональный воин обучался основам религиозного культа, придворному этикету и семи рыцарским добродетелям: верховой езде, фехтованию, владению копьём, плаванию, охоте, игре в шашки, сложению и пению стихов в честь дамы сердца.

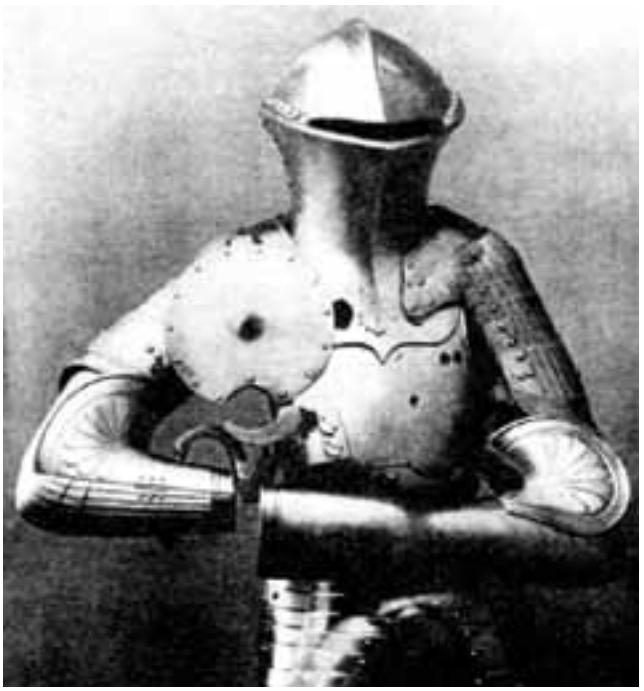
Боевые рыцарские доспехи никогда не были такими тяжёлыми, как это часто представляется. Полные доспехи середины XV в. были не тяжелее, а подчас и легче, чем полная выкладка пехотинца времён Первой мировой войны. Средняя масса доспехов равнялась 57 фунтам (приблизительно 26 кг), но надо учитывать, что эта масса не давила на плечи, как она давит на плечи пехотинца, а была равномерно распределена по всему телу. Доспехи, помимо всего прочего, изготовлялись так, чтобы их было удобно носить.

ТУРНИРНЫЕ ДОСПЕХИ

По-настоящему тяжёлыми были специальные турнирные доспехи, которые появились в начале XVI в. Дело в том, что до конца XV в. рыцари на турнирах бились тупым оружием в обычных боевых доспехах. В XVI в. развитие индустрии доспешного ремесла позволило сделать турниры более зрелищными, превратить их в настоящие красочные представления, в которых использовались эффектное острое оружие и специальные супернадёжные доспехи.

Доспех для конного копейного поединка (штехцойг) весил до 85 кг. Он закрывал только голову и торс всадника, но имел толщину более сантиметра. Облачали в него рыцаря, посадив на поднятое над землей бревно или специальное «подъёмное» устройство, так как с земли он на коня сесть не мог. Турнирное копьё было очень тяжёлым и имело у рукояти мощный стальной круг для защиты руки и правой стороны груди. Для его удерживания и направления в цель использовалась система крюков и захватов. Конь для турнира также обряжался в особый доспех с толстой мягкой подкладкой. Рыцарь сидел в огромном седле, задняя лука которого подпиралась стальными стержнями, а передняя оковывалась сталью и была настолько широкой и простёртой вниз, что надежно защищала живот, бедра и ноги. Все облачение всадника и лошади покрывалось богатейшими геральдическими мантиями, накидками, попонами, на шлемах крепились

Английский рыцарь XIV в. Современная реконструкция



Турнирные доспехи: справа – штехцойг (доспех для турнирного боя на копьях – гештеха), XV–XVI вв.; слева – доспех работы Валентина Зибенбургера из Нюрнберга, около 1530 г.

геральдические фигуры, копья украшались флажками, лентами и шарфом Прекрасной дамы.

Особенностью доспеха для пешего турнирного поединка, кроме большого количества особо подвижных соединений, являлось наличие стальной юбки до колен в виде колокола. Такая конструкция гарантировала защиту тазобедренных суставов и ног и одновременно обеспечивала высокую подвижность участников поединка.

«ПО ЕДИНЫМ ЛЕКАЛАМ»

Главной заботой оружейника было подогнать доспехи точно по фигуре владельца – такого искусства достигает не всякий первоклассный портной. Обычно с хозяина будущих доспехов снимали мерку, а потом, во время нескольких примерок, подгоняли готовое изделие. Если же владелец будущих доспехов почему-либо не мог сам приехать в мастерскую, то туда присылали образцы его одежды. Рыцари Англии и Испании часто заказывали доспехи в Милане или Аугсбурге. Иногда в мастерские направляли восковые копии с конечностей заказчика. Таким образом, доспехи и костюмы средневековых вельмож и рыцарей изготовлялись «по единым лекалам».

Благородные юноши средневековья учились носить доспехи, так же как сейчас дети учатся читать и писать, с самого раннего возраста. Хуан Кехада де Реаго, рыцарь и писатель начала XVI в., автор «Учения об искусстве рыцарства» («Doctrina Delia Arte Delia Cavalleria»), утверждал, что «необходимо воспитывать воина с того раннего возраста, когда мальчик начинает учиться читать, познавая азбуку». Всякий, кому предстояло сделаться воином, начинал тренироваться в ношении доспехов с семилетнего возраста, поэтому, когда ребенок становился рыцарем, он был уже привычен к постоянному ношению доспехов.

Каждый день ученик носил доспехи и упражнялся в них, ведь когда он становился мужчиной, то должен был проводить в латах много времени, не говоря о том, что ему необходимо было воевать в них (в средние века воином считали человека, достигшего четырнадцатилетнего возраста). Но воин не только умел носить доспехи, но и был гордым наследником традиции, основанной его предками, – проводить большую часть жизни в боевом снаряжении. Конечно, у доспехов были и крупные недостатки, самым большим из которых был плохой теплообмен (из-за стёганой одежды, носимой под доспехом), иногда приводивший к перегреву организма и даже к летальному исходу.

В жизни рыцаря многое было сознательно выставлено напоказ. Отсюда внешний блеск рыцарской культуры, её особое внимание к ритуалу, атрибутике, символике цвета, предметов, к этикету. Жизнь, профессиональная деятельность и способы обучения металлургов средневековья, напротив, не только не были выставлены напоказ, но тщательно скрывались от глаз конкурентов. Поэтому многие металлургические секреты того замечательного времени, когда железо было неотъемлемой частью повседневной одежды элиты общества, остаются нераскрытыми вплоть до настоящего времени. ❋

Глава 3

Дьявольское зелье для промышленной революции

«Являлись пушки у людей
И ружья постепенно;
И показались у дружин
Мортиры, фальконеты,
Пищаль, винтовка, карабин,
Мушкет и пистолеты.
И им ни камень, ни металл
Пути не преграждает.
Куда бы выстрел ни попал,
Все разом сокрушает».
Франческо Петрарка

В ИСТОРИИ ТЕХНИКИ ИЗВЕСТНЫ СЛУЧАИ, КОГДА некоторые изобретения вызывали бурное развитие металлургических технологий и быстрое увеличение производства металлов. В средние века таким мощным, говоря современным языком, инновационным изобретением стало появление пороха и огнестрельной техники – артиллерии.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Своеобразным вечным вопросом для отраслей тяжелой индустрии является вопрос о роли в их развитии государственных программ. Что более эффективно: частная инициатива или продуманная государственная политика? Понятно, что желательным является наличие обоих факторов. И все же, что делать, когда ресурсы стратегических металлов ограничены, а экономика страны в кризисе, да еще и война на пороге? Полезно будет ознакомиться с государственной политикой Генриха VIII Тюдора, который не только вывел страну из политического кризиса, но и своими законами заложил основы малой промышленной революции.

АРТИЛЛЕРИЯ

Существует несколько версий происхождения слова «артиллерия». Согласно наиболее распространенной его основой послужили латинские слова «arcus» – лук и «tellum» – стрела. По-итальянски «arte de tirare» («artilla») означает «искусство стрельбы». От итальянского «artilla» возникло французское «artiller» – мастер изготовления метательного оружия, а впоследствии «artillerie» – метательное оружие.

Если рассматривать артиллерию как способ поражения противника на расстоянии, то следует считать, что она зародилась в древнейшие времена, а широкое распространение получила, когда в ходе войн возникла необходимость разрушения оборонительных укреплений. Тогда и появились метательные машины – баллисты, катапульты и т.п., – использующие упругие свойства дерева и скрученных волокон – ремней. Однако позднее артиллерия оказалась теснейшим образом связана с изобретением пороха.

Модель пушки. XVII век.
Университет Болоньи. Италия

Индийская пушка XV в.

Изображение зажигательных стрел «хитай», ракет, фейерверков и ручной пушки «модфа» (из манускрипта «Ал-Махзун джами ал-фунун» неизвестного автора начала XIV в. Библиотека Восточного института, Санкт-Петербург)

Китайские историки считают, что первое массовое применение порохового огнестрельного оружия («грома, колеблющего небеса») состоялось в 1232 г. при защите города Кайфыня от войск монгольского хана Хубилая. Железные пушки выбрасывали каменные ядра на расстояние до 600 м.

СЕЛИТРА – «КИТАЙСКИЙ» СНЕГ

Достоверные данные о первоначальном месте и времени изготовления пороха отсутствуют. Наиболее вероятной считается «индокитайская» версия происхождения пороха в середине 1-го тысячелетия до н. э. Природные условия Юго-Восточной Азии способствуют накоплению селитры – основной составляющей пороха – непосредственно на поверхности почвы. Однако выделение из «селитряной земли» достаточно чистой калиевой селитры, пригодной для приготовления горючих составов, требовало химических знаний, которыми владели в то время ученые Китая.

В дальнейшем для «промышленного» производства искусственной селитры китайцами была разработана технология, согласно которой смесь навоза, костей и внутренностей животных обрабатывали вместе с золой и известью в специальных ямах, а затем подвергали двойной или тройной перекристаллизации в целях рафинирования. В Индии профессия «селитрянщика» появилась только в средневековье. И уже из Индии способ получения селитры по китайской технологии был перенят арабами. Он приведен в трактате врача ибн Бахтавайя, который датируется 1029 г.

ПОРОХ, «ОГНЕННОЕ КОПЬЁ» И «ГРЕЧЕСКИЙ ОГОНЬ»

Наиболее древним описанием горючего состава, включавшего селитру, серу и уголь, считается книга 682 г. «Бесценные рецепты» китайского алхимика и врача Сунь Сымяо. В 1044 г. китайский чиновник Цынь Кунли опубликовал первый документ, содержащий указания по военному применению пороха – «Основы военного дела», а в 1132 г. генерал Чень Гуй разработал прототип пищали – «огненное копье». Это огнеметное оружие одноразового использования представляло собой бамбуковый ствол, набитый порохом, который после его зажигания выбрасывал струю дыма и пламени.

В раннем средневековье в Средиземноморском регионе стали использовать зажигательные смеси, известные под общим названием «греческого огня». Первая инструкция о морском применении «греческого огня» приведена в «Тактике» византийского императора Льва VI (866–912 гг.), где указывается, что огонь с громом и дымом выстреливается из трубы, которую «должно всегда иметь на носу корабля… для бросания этого огня в неприятеля». Отметим, что смесь, не содержащая окислителя (селитры), не могла гореть в трубах. Таким образом, именно греки первыми создали двухком-

Казнозарядные сварные бомбарды на колесных лафетах и рядом с ними сменные пороховые каморы, банник и ядра (миниатюра из французского манускрипта «Histoire de Charles Martel», около 1470 г.)

Арабская модфа

понентный боевой заряд, в котором пороховой состав с селитрой служил для «выстреливания» напалма.

Западные европейцы с боевым применением горючих смесей на основе селитры познакомились в сражениях с маврами в Испании и в ходе Крестовых походов (1096–1270 гг.). В начале XIII в. во Франции приступили к созданию технологий производства и применения пороха, но вскоре все работы в этом направлении были запрещены, так как церковь объявила порох дьявольским зельем. Тем не менее, дата знакомства латинских христиан с секретом пороховой смеси устанавливается достаточно точно: вторая четверть XIII в. Такой вывод можно сделать исходя из достоверно установленных фактов. Хранящийся в библиотеке Лейдена арабский манускрипт 1225 г. с рецептами зажигательных смесей еще не содержит упоминаний о селитре, а латинский перевод «Огненной книги» Марка Грека 1250 г. уже дает полное описание способа приготовления пороха и действия начиненных им первых прототипов бомб и ракет.

Китайские историки считают, что первое массовое применение порохового огнестрельного оружия («грома, колеблющего небеса») состоялось в 1232 г. при защите города Кайфыня от войск монгольского хана Хубилая. Железные пушки выбрасывали каменные ядра на расстояние до 600 м. К 1258 г. относится упоминание об огневых приборах на повозках, принадлежащих властителю Дели. Спустя 100 лет в Индии артиллерия вошла во всеобщее употребление, и когда в 1498 г. туда прибыли португальцы, они обнаружили, что жители полуострова в использовании огнестрельного оружия находятся на том же уровне, что и они.

АРАБСКАЯ МОДФА

Полученные от индийцев и китайцев знания о порохе и его применении арабы очень скоро серьезно развили. Согласно написанной Конде истории мавров в Испании, огнестрельные приспособления употреблялись при осаде Сарагосы в 1118 г., т.е. более чем за 100 лет до первого упоминания китайского и индийского огнестрельного оружия. Мавры, являвшиеся в XII–XIII вв. наиболее развитым в культурном и техническом отношении народом мира, раньше других совершили переход от огнеметного оружия к огнестрельному. В нескольких мавританских рукописях содержатся упоминания об использовании ручного огнестрельного орудия – модфы. Она представляла собой короткую железную трубку небольшого диаметра, закрепленную на деревянном древке. Зарядом служил порох состава: полторы части серы, 20 частей селитры и две части древесного угля, а снарядом – свинцовый «бондок», что означает «орех, шарик, пуля». Заряд воспламенялся с помощью раскаленного прута, для чего в казенной части ствола имелось запальное отверстие.

Первое надежное свидетельство об использовании крупных огнестрельных орудий маврами относится к

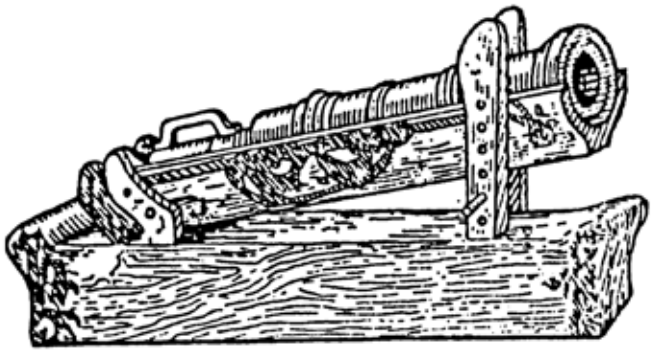
осаде мусульманского города Пуэблы кастильским королем Альфонсом X в 1262 г. Отражая атаки испанцев, мавры стреляли из железных орудий «с громом, шумом, большой скоростью и такой разрушительной силой, которая прежде не была известна». Очевидная эффективность нового оружия заставила забыть запрет церкви, и уже в 1308 г. испанские христиане обстреливали из пушек стены Гибралтара. В 1314 г. орудия появились на территории Бельгии (которая в то время принадлежала Испании). Это поставило Ватикан перед необходимостью благословить открытие пороха в Европе. В противном случае пришлось бы отлучать от церкви христианскую армию, вооруженную самым современным оружием.

«ДЫМНЫЙ ПОРОХ» БЕРТОЛЬДА ШВАРЦА

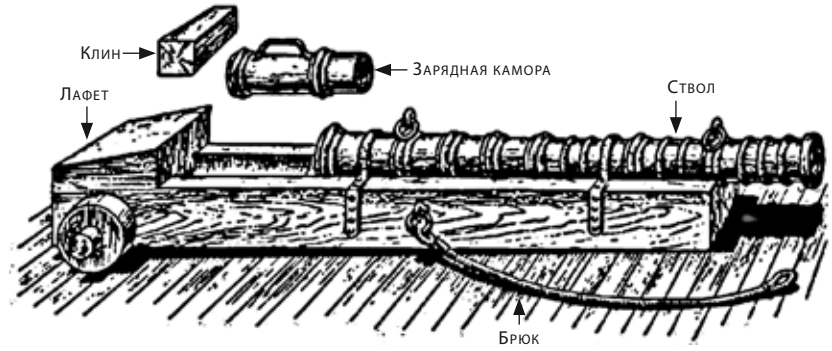
В 1320 г. рецепт «дымного пороха» францисканца Константина Анклитцена (в монашестве Бертольда по прозвищу Черный) был официально принят церковью. Местом открытия пороха в Европе был объявлен Фрайбург (Германия), где, вероятнее всего, он уже подпольно производился. По поводу личности Константина Анклитцена в настоящее время отсутствует единое мнение. Тот факт, что церковь была заинтересована в его изобретении, несоот-

Константин Анклитцен

Индийская пушка Малик-и-Майдан, 1584 (1551) г.



Бомбарда XIV в.



Бомбарда с зарядной каморой

Для повышения прочности стволы орудий всех размеров укрепляли плотно пригнанными или приваренными железными или медными обручами. О высоком качестве швов говорить не приходилось, поэтому пушки довольно часто разрывались.

ветствие датировок данного события в исторических документах, а также позднейшие фальсификации исторических документов позволили некоторым исследователям предположить, что Бертольд Шварц являлся фигурой выдуманной, необходимой церкви для «реабилитации» пороха.

От испанцев употребление артиллерии быстро перешло к остальным европейским народам. В 1346 г. в знаменитом сражении при Креси в английской армии короля Эдуарда было несколько примитивных пороховых орудий. К 1350 г. огнестрельное оружие распространилось во всех странах Европы. Самые ранние пушки («pot-de-fer» - «железный горшок» - по-французски, «vasi» или «sclopi» поитальянски) представляли собой небольшие железные или бронзовые кувшины, выстреливающие арбалетные стрелы и пули из свинца или раскаленного железа. Главное их воздействие было психологическим: огонь, грохот и дым пугали лошадей и воинов противника.

Отметим, что появление артиллерии стало возможным только на определенной стадии развития металлургии. Быстрое совершенствование артиллерийской техники привело к революции уже в металлургическом производстве. Кстати, высокая интенсивность развития артиллерии подтверждается свидетельствами известных философов и естествоиспытателей того времени. Например, уже в 1360 г. философ гуманист Франческо Петрарка писал об артиллерийских орудиях: «Эта ужасно разящая мерзость придумана для великого изведения земли и людей и создана как инструмент, при помощи которого в людей, дома, стены и башни можно метать огонь, камни, свинцовые и железные ядра… Дьявол стоит за этими изобретениями, и создателем его был плохой человек, злобный по отношению к людям».

КУЛЕВРИНЫ, МОРТИРЫ И БОМБАРДЫ

Разнообразные тактические военные задачи в силу своей типичности требовали наличия определенных видов артиллерийских орудий. Вследствие этого из существовавшего многообразия образцов артиллерийской техники уже к концу XIV в. выделились три основных типа орудий. Первый тип включал длинноствольные толстостенные орудия для дальней прицельной стрельбы – кулеврины. Их название происходит от французского слова «couleuvrin», что означает «змееподобный». В конце XIV в. широкое распространение получили ручные кулеврины – серпентины («змейки»), длина которых составляла от 1,2 до 2,4 м при массе 5–30 кг. Ко второму типу относились короткоствольные тонкостенные орудия – мортиры, стреляющие по навесной траектории тяжелыми ядрами на близкое расстояние и имеющие огромную разрушительную силу. Их название происходит от латинского слова «mortarium », что означает «ступа». Третий тип представлял собой более короткие, чем кулеврины, орудия для стрельбы тяжелыми снарядами на относительно близкие расстояния – бомбарды.

Европейские пушки XIV в. изготовляли из ковкого кричного железа. При производстве орудий малого калибра железные листы сворачивали в трубку и сваривали способом горячей ковки или свинцовым припоем. Казенную часть изготовляли отдельно. Крупнокалиберные пушки выковывали из сотен сваренных вместе трапецеидальных железных полос аналогично тому, как из составленных вместе деревянных пластин делают винные бочки. Для повышения прочности стволы орудий всех размеров укрепляли плотно пригнанными или приваренными железными или медными обручами. О высоком ка-

честве швов говорить не приходилось, поэтому пушки довольно часто разрывались. Дело в том, что при каждом выстреле ствол на какое-то мгновение «раздувается», а затем снова принимает первоначальную форму: вот этого «раздувания» и не выдерживали сварные швы.

Большинство пушек среднего и крупного калибра XIV в. были казнозарядными: в задней части ствола имелась выемка, в которую вставляли камору, закрепляемую клином. В нее помещали заряд пороха. Такой подход повышал скорострельность. Однако в то время было невозможно добиться герметичности казнозарядных пушек – возникали утечки пороховых газов из казенной части. Поэтому к середине XV в. верх одержали орудия, заряжаемые с дула: сначала порох, потом деревянная пробка, затем ядро. Такая конструкция была прочнее и надежнее. Например, бомбарды XIV в. обычно имели массу от 2 до 6 т. Они обслуживались командой из 10–20 человек и выстреливали в час два ядра массой 100–300 кг на 200 м, хотя максимальная дальнобойность могла достигать 1000 м. На перевозку двухтонной пушки и снаряжения к ней требовалось 44 упряжные лошади.

Уже во второй половине XIV в. изготовлялись орудия, которые были крупными даже по современным меркам. Зрелищности в них было больше, чем эффективности. Одна из таких пушек, известная под именем «Ленивая девка», была изготовлена в Дрездене из полос сечением 3х6 см; она имела в длину 2,72 м. Еще крупнее была пятиметровая «Бешеная Грета», выкованная в 1382 г. в бельгийском городе Генте. Ее ствол весил 16,4 т, она метала 340-килограммовые ядра диаметром 640 мм.

АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ СНАРЯДЫ XIV ВЕКА

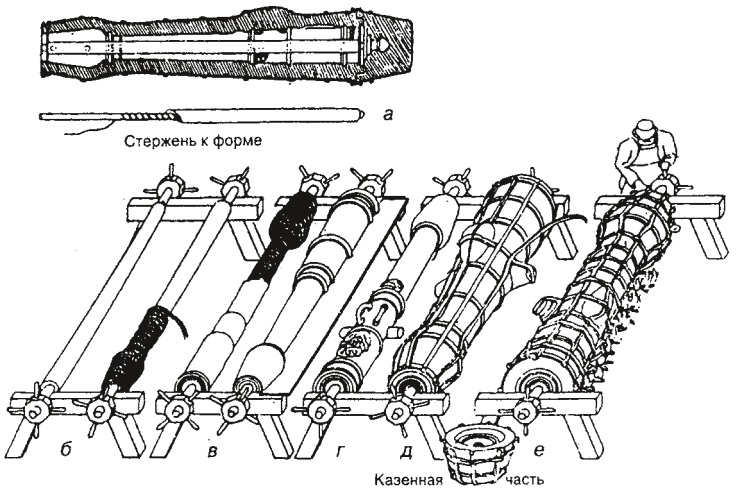
В XIV в. снарядами для артиллерийских орудий служили каменные и свинцовые ядра. Они были хорошо известны с древних времен и широко использовались для стрельбы из метательных машин. С появлением огнестрельной техники они нашли применение для стрельбы из нового вида орудий. Каменные ядра имели массу в основном более двух фунтов (фунт английский – 454 г, русский – 410 г), а свинцовые – до двух фунтов. Наиболее крупные ядра достигали массы 500–600 кг. Для повышения прочности их скрепляли железными обручами.

Подобрать и подготовить ядра, подходящие для использования в орудиях различного калибра, было достаточно сложно, поэтому в армиях XIV в. создавались специальные подразделения – «собирателей (припасателей) булыжников». Однако даже после специальной обточки ядра подходили под калибр орудий далеко не идеально. Поэтому перед заряжанием каменный снаряд обертывали пропитанными маслом тряпками и уже после этого с некоторым усилием проталкивали в канал ствола. Сверху на него помещали пыж. Таким образом, после стрельбы пространство перед орудиями оказывалось за-

Доставка и установка бомбарды

Установка бомбарды на станок для стрельбы

«Бешеная Грета» за работой



Операции медленной формовки пушек:
а – изготовление литейной формы пушки; б – закрепление на глиняной модели цапф, ручек и украшений; в – сушка и обжиг литейной формы

соренным большим количеством грязной материи и ветоши.

Стрельба из бомбард часто производилась дробью (картечью). Дробь была двух видов: в виде массы мелких камней и в виде собственно дроби, представлявшей собой рубленые куски железа («усечки»), свинца и частицы металлургического шлака и окалины.

В конце XIV в. в артиллерии стали широко применять железные ядра. Их ковали из цельной крицы на специальных наковальнях, после чего выглаживали точилом. Использование железных ядер не только резко повысило спрос на этот металл, но также заставило металлургов увеличивать размеры агрегатов для получения крицы особо крупных размеров. За короткое время масса крицы возросла с 40–80 до 120–200 кг, а высота печей превысила 4 м. При этом условия процесса изменились таким образом, что в качестве побочного продукта плавки стал получаться чугун – сплав железа с высоким содержанием углерода. На основании этого можно считать, что переход к новой технологии извлечения железа из руд в домницах или доменных печах в виде высокоуглеродистого продукта явился прямым следствием развития военного дела, а именно огнестрельного вооружения.

От производства чисто кованых ядер быстро перешли к технологии изготовления, при которой ядра в специальных литейных формах обливали расплавленным свинцом, доводя их таким образом до шарообразной формы, более подходящей для эффективной стрельбы. Также в конце XIV в. начали применять литые ядра. Материалом для их изготовления послужили высокожелезистые шлаки сыродутных горнов и, главным образом, штюкофенов. Ядра, полученные технологией «каменного» литья, существенно превосходили обычные каменные не только благодаря более правильной форме, но и потому, что были значительно тяжелее и, следовательно, обладали большей разрушительной силой.

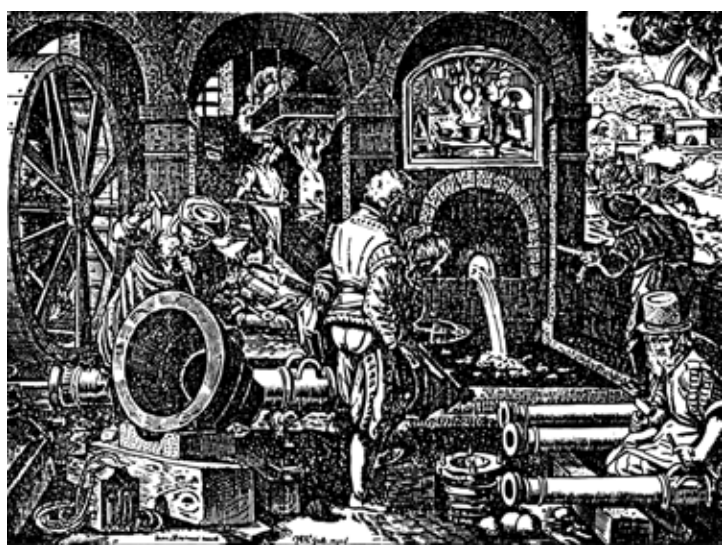
ПУШЕЧНАЯ БРОНЗА

На рубеже XIV–XV вв. происходит переход от ковки орудий к литейным технологиям. Изобретение особого сплава – пушечной бронзы – создало необходимые предпосылки для развития пушечнолитейного производства. Пушечные бронзы содержат от 7 до 11 % масс. олова против 20–25 % в бронзах колокольных и обладают необходимыми качествами артиллерийского металла – прочностью, вязкостью и пластичностью. Техника литья к моменту появления огнестрельного оружия получила достаточное развитие, чему способствовало изготовление крупных колоколов. С технологической точки зрения форма пушки представляет собой упрощенную форму колокола. Вследствие этого освоение производства пушек не представляло серьезных затруднений для колокольных мастеров. На старинных гравюрах, где показаны литейные мастерские, можно увидеть одновременно изображение колоколов и пушек.

«МЕДЛЕННАЯ» ФОРМОВКА

В основу медленной формовки пушек, общепринятой в XV в., был положен древний способ изготовления форм для колоколов по шаблону с горизонтальной осью вращения. Он был описан в трактате «Записки о разных искусствах» Теофилом – монахом Бенедиктинского ордена, жившим на рубеже XI–XII вв. Процесс медленной формовки артиллерийских орудий заключался в следующем. В первую очередь готовили глиняную модель корпуса

Отливка орудий в средневековой мастерской

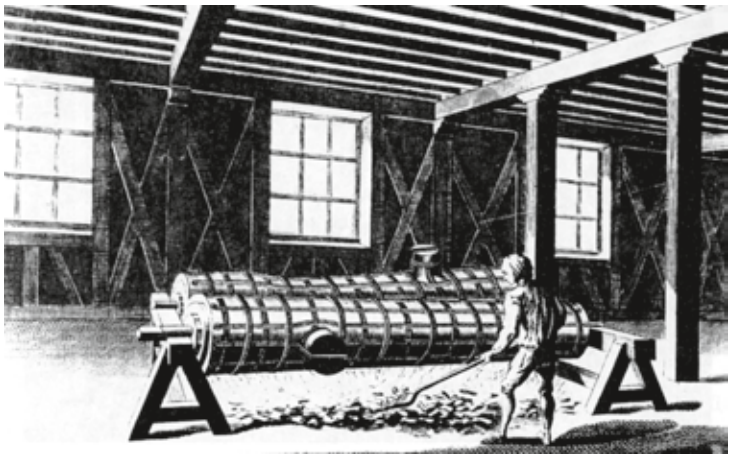


По мере того как артиллерия приобретала все большее значение в структуре вооруженных сил, она из подчинения отдельных военачальников и городов переходила в распоряжение государства. В XV в. на развитие артиллерии выделяются огромные средства и в большинстве стран Европы появляются крупные оружейные заводы.

пушки. На деревянный круглый или граненый сердечник наматывали соломенный жгут, повторяя приблизительно наружные очертания ствола орудия, но меньших размеров. Далее формовщик вручную накладывал на модель тонкие слои жирной глины, предварительно просушивая предыдущий слой на воздухе. Излишки глины срезали специальным шаблоном.

На полученную глиняную модель прибивали деревянные модели цапф, закрепляли модели ручек и украшений, изготовленные из смеси воска, сала и толченого древесного угля в специальных гипсовых формах. По готовой модели изготовляли кожух формы. Для этого модель смазывали разделительным составом, состоящим из сала и растительного масла. Затем наносили слои влажной смеси, аналогичной той, которую использовали для формовки модели. Каждый новый слой просушивали на воздухе. Операцию повторяли до тех пор, пока не получали кожух толщиной 175–300 мм (в зависимости от размеров и массы будущей отливки). Сверху на кожух для прочности накладывали железные обручи,

Операции медленной формовки



затем продольные полосы и снова железные обручи. После этого форму просушивали на козлах, разжигая под ней огонь.

Высушенную форму снимали и выбивали из модели деревянный сердечник вместе с соломенным жгутом. Форму с оставшейся в ней глиняной моделью ставили вертикально в яму на железные подкладки и разводили огонь внутри ствола, чтобы растопить разделительный слой и выплавить восковые модели ручек и украшений. Глиняная модель при нагреве становилась хрупкой, и ее легко можно было удалить.

Стержень для формы изготовляли так же, как и модель, с той разницей, что сердечником служил железный прут; взамен соломенного жгута брали пеньковую веревку, а шаблон, по которому вытачивали стержень, имел конфигурацию и размеры внутреннего канала орудия.

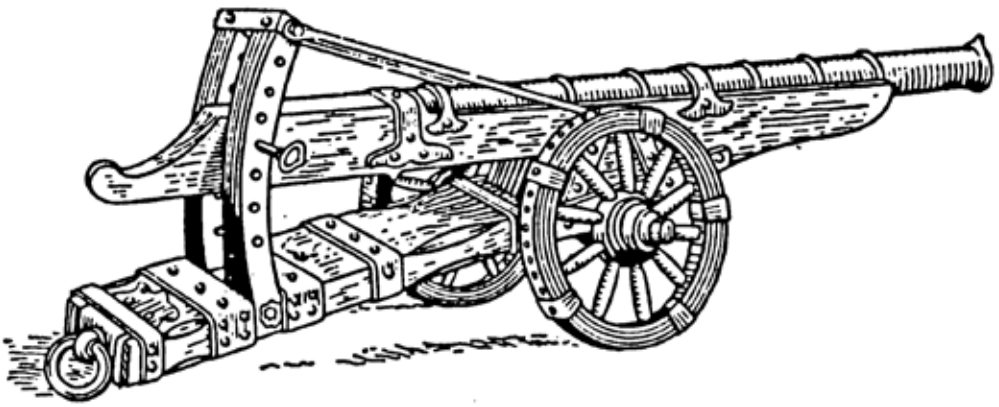
Затем литейную форму собирали: устанавливали внутри стержень, закрепляя его специальными приспособлениями – жеребейками, и прикрепляли к форме ствола изготовленную отдельно форму для казенной части орудия. Наибольшую трудность представляло центрирование стержня: его незначительное отклонение от оси канала ствола приводило к браку и влекло за собой переливку орудия.

Собранную форму ставили вертикально в заливочную яму казенной частью вниз. Пространство вокруг формы заполняли, уплотняя, сухой землей и на форме делали литниковую чашу. Заливку форм проводили непосредственно из плавильной печи по каналам в полу литейной.

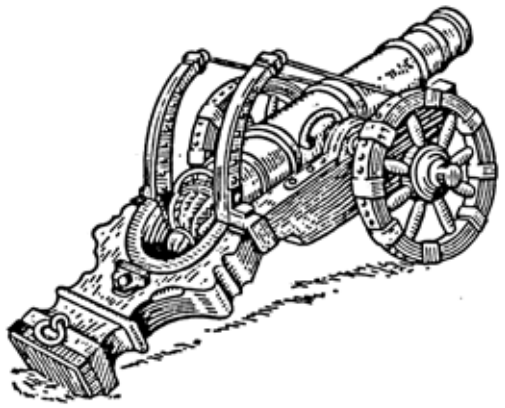
«ВЕК ЭКСПЕРИМЕНТОВ»

Бронзовое литье открыло широкие возможности как для создания однотипных орудий, так и для изготовления пушек самых различных размеров, форм и массы, в том числе орудий особо крупных калибров. Отлитые из бронзы пушки даже сейчас поражают воображение. Это уникальные изделия подлинных мастеров своего дела. На 12 гигантских бомбард, отлитых из бронзы венгерским мастером Урбаном, делал ставку и турецкий султан Мехмед II во время осады Константинополя в 1453 г. Самая крупная из них, 12-метровая «Базилика», имела массу 32 т и диаметр ствола 930 мм.

В первой половине XV в. быстро совершенствуется конструкция артиллерийских снарядов, появляются зажигательные и светящие снаряды, входят в употребление первые бомбы. Зажигательные снаряды изготовлялись из пороха, покрытого смолой. Для изготовления светящих снарядов использовали состав из угля, серы, селитры и смолы, смешанных с рубленой паклей. Бомбы XV в. представляли собой два скрепленных вместе полых чугунных полушария, наполненных порохом и острыми кусками металла и снабженных медленно горевшим фитилем.



Длинная французская серпентина XV в.

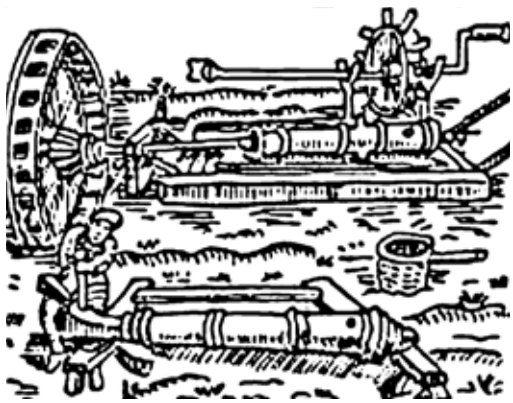


Придание орудию угла возвышения

Часто XV в. называют «веком экспериментов» в пороховом оружии. Наиболее крупные улучшения были произведены французским королем Карлом VIII. Он окончательно отказался от сменной задней части ствола, стал отливать свои пушки из бронзы, и притом целиком, ввел цапфы и лафеты на колесах и стрелял только чугунными снарядами. Он упростил калибры и брал в поле самые легкие, чтобы передвигаться во время сражения вместе с другими войсками. Именно этот новый род войск обеспечил Карлу VIII его удивительные успехи в Италии, когда французы в один час делали из своих пушек больше выстрелов, чем итальянцы за целый день.

САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РОД ВОЙСК

В 1470 г. герцог Карл Смелый Бургундский выделил артиллерию в самостоятельный род войск. Артиллерийские войска начали комплектоваться целиком из горожан, преимущественно ремесленников. К 1480 г. скорострельность орудий крупного калибра достигла 30 выстрелов в день; большего нельзя было позволить из-за нагрева ствола: после нескольких выстрелов пушку приходилось охлаждать не менее 1 ч.



Станок для высверливания канала ствола

В начале XVI в. артиллерия окончательно завоевала свое место в полевом бою. Несмотря на техническое несовершенство орудий, медленность заряжания, примитивность прицельных приспособлений и небольшую дистанцию стрельбы, потери от огня артиллерии становились все более ощутимыми. Она поражала пехоту, конницу и в некоторых случаях – артиллерию противника. Недооценка нового оружия и пассивные способы защиты от его воздействия имели, как правило, лишь отрицательные результаты. Выигрывал бой тот, кто улучшал качество орудий, увеличивал их количество и умело применял в боевой обстановке.

Настоящая демонстрация могущества нового оружия произошла в 1515 г., во время «Битвы гигантов». По европейским меркам XVI в., баталия была действительно грандиозной: 40-тысячная французская армия встретилась с 30 тыс. непобедимых швейцарцев (Швейцария нанялась для войны на стороне Испании). Битва продолжалась два дня и окончилась разгромом швейцарцев, потери которых достигли 15 тыс. человек, причем не менее 6 тыс. полегло от огня 60 французских кулеврин. С этих пор артиллерия стала не только влиять на ход сражения, но и определять его исход. В среднем, в крупных боях половина потерь вызывалась действием артиллерии. Подавление батарей путем их захвата стало едва ли не главной целью атак пехоты и кавалерии. Кстати, в случае захвата или его угрозы пушка выводилась из строя мгновенно – каждый десятый солдат имел при себе молоток и толстый гвоздь, который намертво вбивался в запальное отверстие орудия.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ МАНУФАКТУРЫ

По мере того как артиллерия приобретала все большее значение в структуре вооруженных сил, она из подчинения отдельных военачальников и городов переходила в распоряжение государства. В XV в. на развитие артиллерии выделяются огромные средства и в большинстве стран Европы появляются крупные оружейные заводы. К концу столетия орудийное производство окончатель-

но переходит из рук отдельных мастеров в государственные мануфактуры, а литейные мастерские, в которых занимались литьем чугунных ядер, создаются практически во всех крупных городах Европы. При изготовлении чугунных ядер стали применять сложные литейные формы. Итальянец Ванноччо Бирингуччо в своей знаменитой книге «Пиротехния», изданной в 1540 г., подробно описывает процесс получения ядер в металлической форме, позволявшей отливать одновременно семь чугунных снарядов.

Применение чугунного ядра дало возможность увеличить длину ствола до 20 калибров и уменьшить массу орудия. Стал больше пороховой заряд, повысилась начальная скорость ядра. Удалось существенно улучшить качество пороха. Следствием всего этого явилось дальнейшее повышение баллистических характеристик орудий и эффективности стрельбы. Чугунное ядро превратилось в основной снаряд артиллерии на последующие 400 лет.

Различные виды литых артиллерийских ядер, XVI век.

Потребность в чугунных ядрах непрерывно возрастала: особенно широко они использовались при осадах крепостей, когда потребность в снарядах исчислялась тысячами единиц. К началу XVI в. во всех городах Европы были созданы цейхгаузы с вагранками для литья чугунных ядер, а многие домницы (особенно это характерно для итальянских государств) стали работать только на производство снарядов и «штыкового» товарного чугуна для военного потребления.

Однако овладеть технологией изготовления сложных отливок из чугуна было чрезвычайно трудно. Отметим, что для изобретения пушечной бронзы из сплавов, с которыми цивилизация была знакома пять тысячелетий, потребовалось почти 100 лет! Что уж говорить о совершенно новом металле, состав и свойства которого к тому же существенным образом зависят от состава исходной руды и технологии плавки. Тем не менее попытки отливки орудий из чугуна предпринимались уже во второй половине XIV в. Известно, например, что чугунные орудия были отлиты в 1370 г. в Тюрингии и спустя 10 лет во Фрайбурге. Однако успешными эти опыты не стали.

Долгое время чугунные стволы разрывались после первого же выстрела. Это было вызвано, в частности, пороками отлитого металла, неправильным режимом литья. Мастера, привыкшие к работе с бронзой, не могли их устранить. Поэтому в те годы было введено суровое, но мудрое правило: первый выстрел из орудия делает изготовивший его мастер. Это служило некоторой гарантией безопасности для орудийной прислуги. Понятно, что при таком условии мастера-литейщики очень осторожно подходили к выбору нового материала для орудий. В связи с этим сначала чугун при изготовлении пушек нашел лишь частичное применение: в XV в. из него изредка отливали только казенную часть орудия. Возможно, первые цельнолитые чугунные орудия были изготовлены в 1445 г. в германском городе Зигене. Есть сведения о том, что их было 30 штук и вместе они весили около 7500 кг, т.е. речь идет о небольших (по меркам эпохи) ручных орудиях массой около 250 кг каждое. В это же время уже отливались осадные орудия из бронзы массой более 10 т.

ИНИЦИАТОР «МАЛОЙ» ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Инновационный прорыв в артиллерийских и металлургических технологиях произошел в середине XVI в. Это событие непосредственно связано с коренными преобразованиями в английской промышленности того времени, которые многие современные историки техники называют малой промышленной революцией по аналогии с промышленной революцией XVIII–XIX вв.

Англия начала свой индустриальный подъем в период правления Генриха VIII Тюдора. Он родился в 1491 г. и был королем с 1509 по 1547 г. Король получил великолепное образование, был книжником и полиглотом, что ставило его в один ряд с лучшими учеными, в общении с которыми он проводил немало времени. Своей основной политической задачей Генрих VIII считал утверждение Англии в статусе великой европейской державы.

Событием, предопределившим начало малой промышленной революции, стал разрыв отношений между Генрихом VIII и Папой Римским, поводом для которого послужило дело о разводе английского короля с Екатериной Арагонской, дочерью испанского короля Фердинанда. Развод утвердил заседавший с 1529 по 1536 г. парламент Англии, который принял еще и ряд актов, в результате чего король был объявлен главой английской церкви («Акт о верховенстве», 1534 г.) и все сношения Англии с Римом были прерваны. Став главой английской церкви, король

Король Англии Генрих VIII (ок. 1537 г., Ганс Гольбейн мл.)

Особое внимание было уделено новым технологиям в области огнестрельного вооружения. Ввиду неизбежного военного конфликта с Испанией иначе поступить было невозможно. В итоге последствия военных программ Генриха VIII оказались чрезвычайно важными для развития техники и, прежде всего, металлургии и судостроения.

Важнейшей «военной программой» Генриха VIII стало развитие артиллерии, а одной из составных частей этой программы – повышение качества и удешевление производства артиллерийских орудий. В 1541 г. перед королевскими литейщиками была поставлена конкретная задача: разработать технологию отливки пушечных стволов из чугуна. В результате в 40-х годах XVI в. была совершена революция в технологии чугунного литья. Кстати, спустя три столетия аналогичная задача, но уже в отношении стального литья (литой стали) была поставлена французским императором Наполеоном III перед выдающимся изобретателем Генри Бессемером, что привело в 50-е годы XIX в. к революции в сталеплавильном производстве.

Руководителем обширной оборонной программы стал мастер-литейщик Питер Боуде (Пьер Боде), приглашенный Генрихом VIII из Франции. В результате напряженных двухлетних экспериментов в королевской ли-

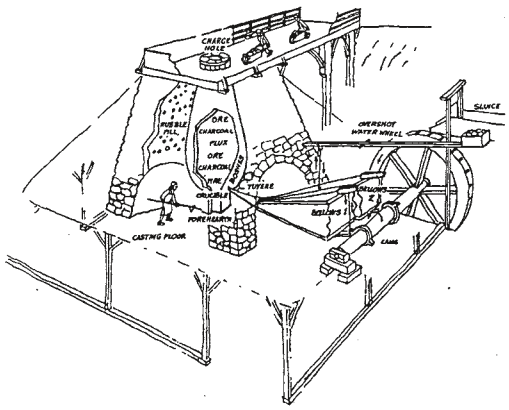
Артиллерия Генриха VIII поражала его современников. Незадолго до смерти короля посланник Венеции в Англии писал: «Король Генрих располагает таким арсеналом, что может победить ад».

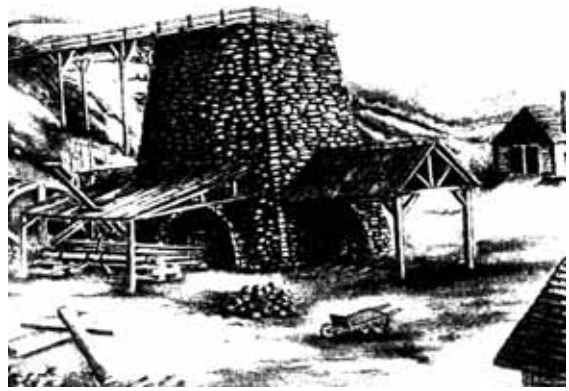
получил право определять вероучение. Церковь же с этого времени превратилась в часть государственного аппарата, а все ее имущество отошло королю. Реформированная церковь с тех пор называется англиканской.

В 1539 г. английские католические монастыри, а их было почти 3 тыс., перестали существовать. Секуляризация их земель обогатила короля, в руки которого попало колоссальное богатство. Бывшие монастырские земли составили четверть всех обрабатываемых земель в Англии. Последовавшая вскоре продажа монастырских земель представителям «новой светской знати» дала королю дополнительные средства и окончательно утвердила его власть внутри страны.

Полученные средства были направлены, главным образом, на реорганизацию вооруженных сил государства, бурную строительную деятельность и создание мощного флота. При Генрихе VIII в Англии началось строительство больших военных кораблей – каракк – водоизмещением более 1000 т. Характерным примером каракки является спущенный на воду в июне 1514 г. в Волвиче корабль «Генри Грейс е'Дью» («Король Генрих милостью Божьей»). На вооружении судна состояли 184 орудия, из них 43 – крупного калибра. Экипаж составляли 350 матросов и столько же солдат.

Иохим Патенир «Пейзаж с доменной печью и кричным горном», 1520 г.





Доменная печь конца XVI – начала XVII в.: конструкция и общий вид

Доменная печь середины XVII в.

тейной мастерской в городе Бакстеде графства Суссекс ему удалось получить цельнолитое чугунное орудие, полностью удовлетворяющее требованиям артиллерийской техники. Разработанная технология оказалась настолько успешной, что в 1546 г. только в королевском арсенале в Тауэре находилось уже 351 чугунное орудие. Питер Боуде дослужился до должности генерального эксперта вооружений Генриха VIII и оставался в ней до 1558 г. (умер в 1560 г.)

Артиллерия Генриха VIII поражала его современников. Незадолго до смерти короля посланник Венеции в Англии писал: «Король Генрих располагает таким арсеналом, что может победить ад». Оригинальным образом свое восхищение военными успехами Генриха VIII выразили французы: Генрих VIII был изображен на игральных картах XVI в., выпущенных во Франции (колоду которых принято считать классическим образцом и сейчас), в виде червонного короля. У Генриха очень достойная компания, поскольку в виде других королей изображены: пиковой масти – Александр Македонский, трефовой масти – Гай Юлий Цезарь, бубновой масти – Карл Великий.

Вскоре в Англии, а затем в Швеции началось изготовление тяжелых корабельных пушек из чугуна, который был намного дешевле бронзы. Таким образом, во второй половине XVI в. сложилась традиция изготовления орудийных стволов, просуществовавшая до середины XIX в.: орудия для крепостной, осадной и корабельной артиллерии стали изготовлять из чугуна, а легкие полевые орудия – из бронзы.

Технологические достижения английских литейщиков периода малой промышленной революции оказали определяющее влияние на всю металлургическую индустрию: вскоре чугунолитейное производство освоило технологию изготовления труб для водопроводов и канализации, решеток бытового (главным образом, для каминов) и строительного назначения, а также для садово-парковой архитектуры.

ГЛОБАЛЬНЫЙ РЕЦИКЛИНГ ЖЕЛЕЗА

С развитием технологии ваграночной плавки из чугуна стали отливать бытовые предметы: сковороды, подсвечники и т.п. Таким образом, был сделан важный шаг в распространении глобального рециклинга изделий из железа: то, что нельзя было перековать, можно было переплавить в вагранках. Во многих городах Европы начала XVII в. возникали целые кварталы мастеров по переработке железного лома. Такой квартал – «Набережную железного лома» – упоминает А. Дюма в романе «Три мушкетера».

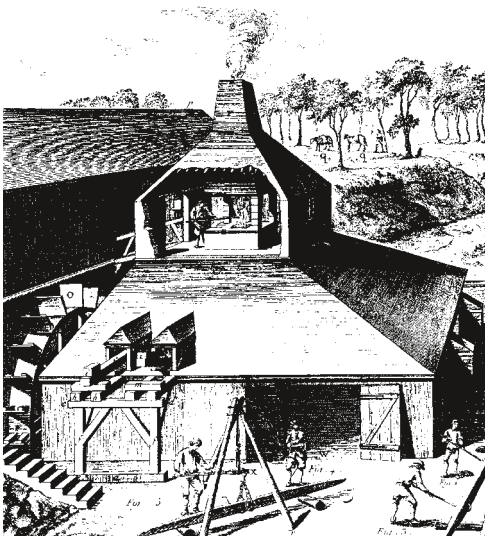
Повсеместно распространенные металлургические шахтные печи, в которых стало возможным выплавлять из руд не только кричное железо, но и чугун, получили название домниц, или блауофенов. Русское название происходит от слова «дмение», что означает «дутье». По поводу происхождения немецкого существуют две версии: по одной из них в основе слова также лежит корень, связанный с потоком воздуха, по другой – название происходит от «железной лазури» (Eisenblau) – тугоплавкой руды, для переплавки которой впервые и были построены печи большой высоты.

Английское (pig iron) и немецкое (ferkeleisen) названия металла, а также русское название слитка чугуна – «чушка» происходят от способа разливки металла в товарные слитки. Литейные формы («штыки») для чугуна располагались в непосредственной близости от главного желоба, в который из домницы или доменной печи выпускался расплавленный металл. Такое размещение главного желоба относительно форм было похоже на свинью, кормящую поросят. Русское название металла – чугун – считается прямым заимствованием из тюркских языков, входящих в алтайскую языковую группу.

ДОМЕННЫЕ ПЕЧИ И КРИЧНЫЕ ГОРНЫ

Преимущества промышленного производства чугуна из железной руды, обусловленные высокой производитель-

ностью процесса, экономией древесного угля и возможностью утилизации в печах любых железных отходов, были очевидны уже в середине XVI в. Однако для широкого распространения доменной плавки в качестве основного мануфактурного способа производства железных изделий необходимо было разработать технологию передела чугуна в ковкий металл. Такая технология была создана во второй половине XVI в. в Бельгии и получила название «фришевание», т.е. «оздоровление» (или очистка) чугуна. Фришевание быстро распространилось на предприятиях Англии, а затем Швеции и других европейских стран.



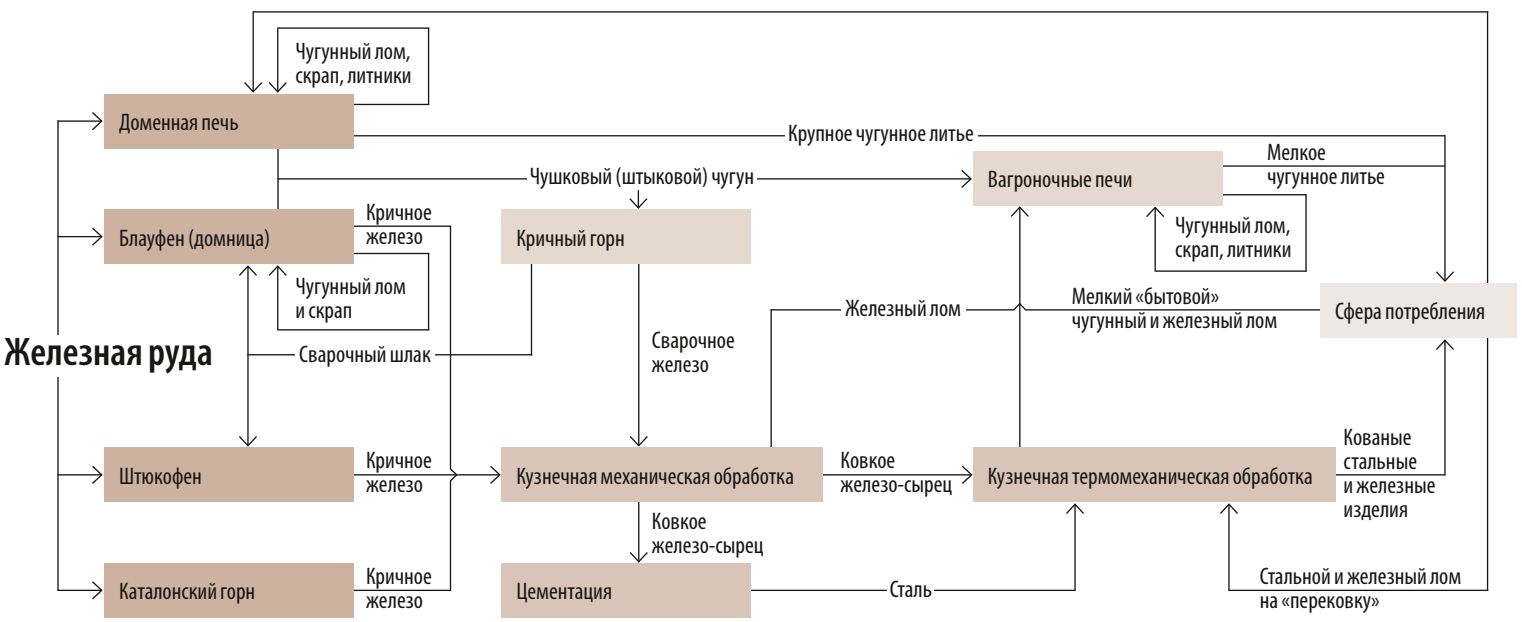
Доменная печь с литейным амбаром конца XVII – начала XVIII в.

Сущность фришевания заключалась в окислении примесей чугуна в струе воздушного дутья в ходе плавления и стекания капель чугуна по древесному углю. При этом из чугуна последовательно удалялись кремний, марганец, фосфор и углерод. По мере удаления из металла углерода он переходил в тестообразное состояние, и в результате на поду печи формировалась крица с небольшим количеством шлака, источником которого служили окисленные примеси чугуна и зола древесного угля. Поэтому крицу тщательно проковывали.

Фришевание осуществляли в кричных горнах, причем передел (переплавку) чугунов с низким содержанием примесей проводили в один этап. Если переделу подвергался металл с высоким содержанием примесных элементов, то первый горн, в котором получался высокоуглеродистый жидкий металл, назывался плавильным, а окончательное «оздоровление» чугуна проводили во втором – кричном – горне. Дутье прекращали после подъема поверхности тестообразного металла на уровень фурмы. После этого металл ломами собирали (накатывали) в одну-две крицы, которые затем извлекали из горна и проковывали. Масса крицы достигала 80–120 кг.

Полученный в процессе фришевания металл представлял собой ковкое железо с такими же свойствами, как и у железа, выплавленного в сыродутных горнах или домницах. Однако ввиду различия технологии получения ковкое железо, выплавленное из чугуна, получило название сварочного. С освоением фришевания сложилась основная технологическая цепочка мануфактурного производства изделий из железа, которая просуществовала до второй половины XIX в..

Схема производства и рециклинга железных изделий в XVI–XVII вв.



Глава 4

Эльдорадо – символ эпохи географических открытий

Не трудолюбивы – но зато богаты.
Ведь всё, что делают они, – из злата.
Склонившись над золотоносной жилой,
Они её без жалости ломают.
Тут не считаются с затраченною силой,
Во имя золота живут и умирают.
И возвращаются домой с большой наживой,
Сколь пожелают, столько собирают.
Такая уж звезда над этой нивой,
Её просторы золотом сверкают.

Хуан де Кастельянос, испанский поэт и летописец XVI в.,
«В Восточной Индии достославных испанских мужей приключения»

Высадка Колумба на остров Гуа-нахани (Сан-Сальвадор). Гравюра XVI в.

Металлургия Нового Света радикально отличается от горного дела Европы и Азии – в ней исключительно сильно проявляется религиозное и культовое влияние. Использование металла в утилитарных целях у многих индейских народов считалось недостойным и даже кощунственным. Развитие металлургии у цивилизаций доколумбовой Америки было, прежде всего, нацелено на создание удивительно разнообразной социально-религиозной символики. Творчество местных металлургов поражает причудливым орнаментом и фантастическими формами изделий, созданных на основе высокой технологии обработки сложных сплавов золота, меди и серебра.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Ресурсы драгоценных металлов долгое время являлись важнейшим фактором стабильности мировой экономики. Пример «освоения» испанскими конкистадорами богатств покорённых государств Америки демонстрирует это особенно ярко. На протяжении полутора столетий флотилии гружённых золотом галеонов ежегодно отходили от берегов Нового Света, держа курс на Пиренейский полуостров. За 160 лет, с 1503 по 1660 г., в Севилью было доставлено 16 тыс. т серебра. Запасы этого металла в Европе возросли втрое. За тот же период ввоз 185 т золота увеличил европейские запасы этого металла примерно на 20 %.

Как следствие использования золота, не обеспеченного реальными товарами, цены в Испании возросли в 4,5 раза, в Англии – в 4 раза, во Франции – в 2,5 раза, в Италии и Германии – в 2 раза. В Испании ввиду удорожания многие местные товары стали неконкурентоспособными. Это послужило главной причиной упадка промышленности и торговли Испании и Португалии. Одновременно «золотая инфляция» ускорила процессы развития капиталистических отношений в большинстве западноевропейских стран, особенно в Англии, Франции, Голландии.

Американское золото жестоко «отомстило» завоевателям – уже в 1603 г. фламандский учёный Юстус Липсиус писал своему испанскому другу: «Завоёванный вами новый мир завоевал вас, ослабил и исчерпал вашу прежнюю храбрость». К 1640 г. «империя, в которой никогда не заходит солнце», утратила свои европейские владения вне Пиренейского полуострова и даже оказалась на грани потери контроля над исконными областями: Астурией, Каталонией и Арагоном.

Дошедшие до наших дней отблески эпохи могущества народов Центральной и Южной Америки в виде уникальных произведений ювелирного искусства поистине бесценны. Поэтому в погоне за наживой не стоит забывать, что золотая бабочка зачастую оказывается дороже золотого бруска.

ЗОНА ВЫСОКИХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

К тому времени, когда испанские корабли появились у восточного побережья Нового Света, этот огромный континент был населен множеством индейских племен и народностей. Подавляющее большинство населения были охотниками, рыболовами, собирателями и земледельцами; лишь в двух сравнительно небольших областях западного полушария – в Мезоамерике и Андах – испанцы встретили высокоразвитые государства. Именно на этих территориях возникли самобытные цивилизации и были осуществлены наивысшие культурные достижения доколумбовой Америки. К моменту её «открытия», в 1492 г., там проживало свыше 2/3 всего населения континента, хотя по своим размерам эти области занимали менее 6 % от его общей площади.

В научной исторической литературе упомянутая территория получила название «Срединная Америка, или Зона высоких цивилизаций». Она включает два основных района. Северный – Мезоамерика (Месоамерика, Средняя Америка) – простирается от центра Мексики до Гондураса и Никарагуа (термин введён в обиход в 1943 г. немецким философом и антропологом Паулем Кирхгоффом). Южный район включает Андскую область (Боливия и Перу) и своеобразную «промежуточную» территорию современных Колумбии и Эквадора. Приход европейских завоевателей прервал самостоятельное развитие коренного населения названных областей. Только в последние десятилетия благодаря кропотливым исследова-

Храм Надписей в Паленке с гробницей Пакала. Конец VII в. Культура майя

Христофор Колумб преподносит Фердинанду Арагонскому и Изабелле Кастильской сокровища «Индии». Художник Э. Делакруа. 1839 г. Музей искусства г. Толедо. Штат Огайо, США

ниям нескольких поколений археологов мы начинаем, наконец, понимать, какой богатой и яркой была культура (в том числе техническая) и история доколумбовой Америки.

Требует некоторых разъяснений термин «открытие Америки» Колумбом. Не раз справедливо указывалось, что этот термин неверен фактически, поскольку до Колумба берегов Нового Света достигали с востока египтяне, римляне, викинги и др., с запада – полинезийцы, китайцы, японцы и т.д. Однако именно для средневековой Европы открытие Америки имело колоссальные политические, экономические, социальные и интеллектуальные последствия.

Ювелирное дело в Южной и Центральной Америке имеет очень глубокие корни – в Колумбии оно восходит к VII в. до н. э., а на перуанской территории возникновение ювелирного искусства датируется серединой 2-го тысячелетия до н. э. Деятельность ювелиров прервалась только в XVI столетии, когда их ремесло, которое раньше было тесно связано с духовной жизнью индейских племен, свелось только к разработке месторождений золота для пополнения казны испанской короны. При этом, хотя главные способы обработки золота и меди в основном были общими для всех центров американского ювелирного искусства, изделия, созданные различными индейскими цивилизациями, существенно отличаются по стилю и применению технических приёмов.

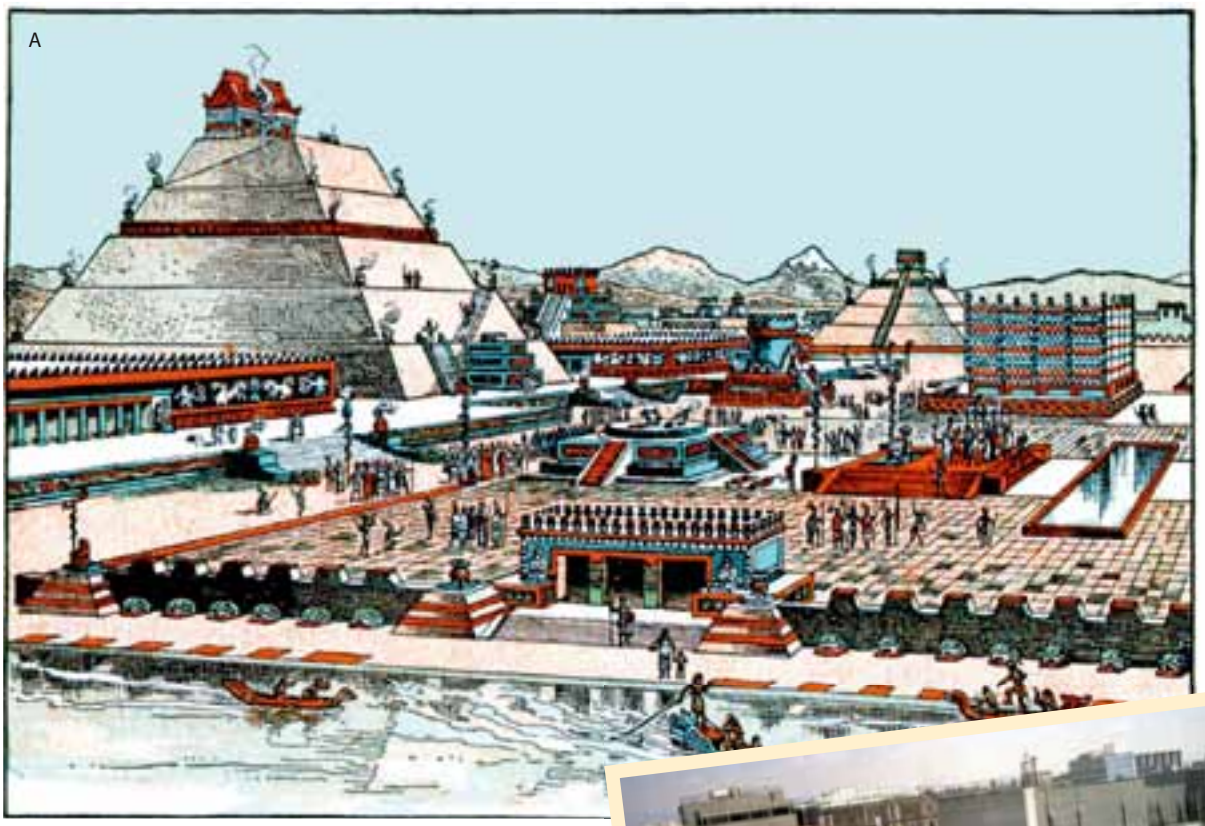
АЦТЕКИ

К моменту прихода испанцев в начале XVI в. Ацтекская империя охватывала территорию – около 200 тыс. км^2 с населением 5–6 млн человек. Её границы простирались от Северной Мексики до Гватемалы и от Тихоокеанского побережья до Мексиканского залива. Столица империи – Теночтитлан – представляла собой огромный островной город, площадь которого составляла около 1200 га, а количество жителей достигало 300 тыс. человек.

По свидетельствам много повидавших конкистадоров Теночтитлан, превосходил многие европейские города того времени. В Западной Европе лишь Лондон, Рим и Ве-

«Главные улицы очень широкие и прямые. Некоторые из них, а также большинство остальных представляют собой наполовину дорогу, а наполовину каналы для лодок. Там, где каналы пересекаются, дорога прерывается. Но во всех этих местах, которые бывают достаточно большими, сделаны мосты из широких, отёсанных и пригнанных друг к другу балок. На многих мостах могут пройти 10 лошадей в ряд».

Теночтитлан: фреска работы Диего Риверы, украшающая Национальный Дворец Мехико; вверху – план Теночтитлана



Центр Теночтитлана: а – храмовый комплекс ацтеков в Теночтитлане, слева – Великий храм, XIV-XV вв. (реконструкция); б – Темпло Майор – современные раскопки Великого храма, Мехико

неция могли похвастаться населением в 100 тыс. человек. Из испанских городов на Теночтитлан более всего походила Севилья с населением 60 тыс. человек.

Ацтеки строили с монументальным размахом и создали Теночтитлан с удивительным мастерством. «В язычестве своём они обладали знанием наук и ремёсел», – писал Кортес. Он восхищался прекрасными храмами и домами, прямыми улицами и каналами, ясным планом города – четыре квартала сходились на центральной площади. В своем письме Карлу V Кортес описывает Теночтитлан следующим образом: «В долине расположены два озера, которые почти заполняют её. Одно озеро пресное, а другое, большее, – солёное. Из одного в другое, а также из города в поселения, расположенные по берегам вышеупомянутых озер, можно добраться посредством лодок, не ступая на землю. С любого направления, откуда возможен доступ, от земли город отделяют 2 лиги. Он имеет 4 входа, в каждый ведёт искусственная дамба шириной в два коротких копья. Главные улицы очень широкие и прямые. Некоторые из них, а также большинство остальных представляют собой наполовину дорогу,

Ацтекские воины. Современная реконструкция

а наполовину каналы для лодок. Там, где каналы пересекаются, дорога прерывается. Но во всех этих местах, которые бывают достаточно большими, сделаны мосты из широких, отёсанных и пригнанных друг к другу балок. На многих мостах могут пройти 10 лошадей в ряд».

Ядро города образовывал ритуально-административный центр – обнесённый стенами квадрат длиной 400 м, внутри которого находились главные городские храмы, жилища жрецов, школы, площадка для ритуальной игры в мяч. Центральное место занимала, возвышаясь над городом, огромная (150 футов – 45 м) пирамида Великого храма. Кортес отмечал особенность храмового комплекса – перед храмами ацтеки выставляли на особых подставках отрубленные головы своих врагов. Два конкистадора, постаравшиеся пересчитать их, назвали число 136 тыс. Некоторые из них ещё сочились кровью, другие уже побелели от солнца. Пристрастие ацтеков к жертвоприношениям обнаруживалось и в другом. Ступени, ведущие к высокой платформе Великой пирамиды, где жертвам вырезали сердце, почернели от крови. Святилища богов на её вершине были украшены рядами ярко раскрашенных черепов.

Рядом с площадью располагались ансамбли пышных дворцов ацтекских правителей – «тлалоани». По словам очевидцев, дворец Монтесумы II (точнее, Мотекусомы) насчитывал до 300 комнат, имел большой сад, зоопарк, купальни.

АЦТЕКСКИЕ МЕТАЛЛУРГИ

Из письменных и археологических источников следует, что ацтеки применяли золото, медь, серебро, олово и свинец. Железа они не знали, хотя, как показали новейшие археологические раскопки, ещё 10 тыс. лет назад начали добывать оксид железа (т.е. фактически железную руду), который использовали в качестве пигмента для окраски одежды и в религиозных ритуалах. В небольших количествах использовалась платина. Её месторождения встречаются в местах впадения рек в Тихий океан, однако для платины требуется высокая температура плавления (1775 °С), что затрудняло её применение. Индейцы разработали оригинальную технологию снижения температуры плавления платины – они смешивали её с золотом в порошкообразном состоянии, после чего смесь подвергали нагреву. При этом золото, расплавленное при помощи паяльной трубки, обволакивало частицы платины, сплавляя их. Этот сплав можно было подвергать горячей ковке.

Индейцы добывали медь в большом количестве в Гачале и Моникира, а также на побережье Атлантического океана в зонах культур Синŷ и Тайрона, и изготавливали различные предметы: так называемые тунхо (фигурки людей), колокольчики, бубенцы для жезлов властителей, нагрудные украшения. Медную руду плавили либо в глиняных горнах, либо в специальных ямах. Металл под-

Воин в золотом убранстве. Музей золота, Богота, Колумбия

Медальон, сделанный из золота и платины с использованием техник чеканки и филиграни. Национальный археологический музей «Брунинг». Ламбайеке, Лима, Перу

Попоро – золотой сосуд для наркотических снадобий в виде фигурки сидящей женщины, отлитый методом «вытесненного воска». Культура Кимбайя, 1000–1500 гг. Британский музей. Лондон, Великобритания

вергали двукратной или трёхкратной обработке и рафинированию. Процесс очищения металлов обозначался термином «tlachipaualiztli». Обработка металла производилась путём ковки или литья.

В технике обработки металлов ковка была весьма распространена, и в её применении индейцы достигали большого совершенства. Помимо прочего, ими был разработан богатый инструментарий для работы с металлом. Амвросий Альфингер – начальник экспедиции по покорению Венесуэлы – около 1530 г. писал: «У них есть горны из огромных камней, молотки размером с яйцо или меньше, наковальни размером с майорканский сыр из очень прочных камней; мехи представляют собой трубки толщиной в два пальца и больше и длиной в две пяди. У них есть точные весы, которыми они взвешивают и которые сделаны из белой кости, похожей на слоновую. Есть весы и из черного дерева, похожего на эбеновое».

При ковке использовалась своеобразная «закалка» металла. Дело в том, что после нескольких ударов золотая пластина становилась хрупкой и могла сломаться, если

Ацтекские мастера умели производить широкую гамму различных сплавов, в частности бронзовых, добавляя к меди олово или мышьяк. При этом иногда доля олова или мышьяка достигала 23 % масс.

мастер продолжал ударять по ней. Для сохранения пластичности ювелир должен был нагревать ее докрасна и снова охлаждать, погружая в воду.

Литейщики («teucuitlapitzqui», или «tlatlalianime» – «те, кто дают адекватное состояние чему-то») использовали гипсовые формы и классическую технику «потерянного» (вытесненного) воска . При этом индейцы умели изготавливать отливки сложной формы, даже с подвижными частями. Для изготовления литейной модели будущего изделия использовался сложный состав из древесного угля, глины, воска и порошка белого коралла. Собственно литейную форму делали из смеси гипса и древесного угля. Приготовленную и высушенную форму разогревали, чтобы воск внутри растаял и освободил место для расплавленного металла. В форму заливали расплавленный металл, принимавший конфигурацию первичного изделия. Внешнюю оболочку разбивали, появлялась металлическая фигура, повторяющая форму воска. Способ отливки по модели, покрытой воском, давал большую экономию металла и возможность приделывать к фигуре заранее изготовленные части.

Полученное изделие полировали мелким песком и гладкими камешками. Затем изделие помещалось в ванну из размолотых квасцов («земляной соли»). После этого его обрабатывали «золотой мазью», которая также изготавливалась с использованием квасцов. Наконец, изделие дважды закаляли и снова выдерживали в ванне из квасцов. «Купание» изделия в квасцовой ванне, смазывание его «золотой мазью» и закаливание необходимы были для очистки от примесей. Дело в том, что ацтекские (мексиканские) золото, серебро и медь содержали много примесей.

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ СПЛАВЫ

Среди мастеров по обработке металлов существовала специализация: одни были связаны с обработкой золота и серебра, другие – меди. Золотых и серебряных дел ювелиры назывались «teucuitlahua» (тот, кто владеет истинным получением металла) или «teucuitlapitzqui» (тот, кто делает плавку). Мастера, работавшие с медью, назывались «tepuztecac» (тот, кто распоряжается медью) или «tepuzpitzqui» (тот, кто плавит медь).

Ацтекские мастера умели производить широкую гамму различных сплавов, в частности бронзовых, добавляя к меди олово или мышьяк. При этом иногда доля олова или мышьяка достигала 23 % масс. Столь значительные добавки вводились для того, чтобы сплав становился блестящим, как золото или серебро. Сложные многокомпонентные сплавы меди с золотом, серебром и оловом применялись при изготовлении топоров, сверл, долот (зубил). Добавки к серебру были незначительными и точно дозированными, поскольку индейские мастера

Золотые изделия культур доколумбовой Америки: а – часть золотой кирасы, культура муисков (Музей золота (Мусео-дель-Оро), Богота, Колумбия); б – шлем, изделие цивилизации Кимбайя (Британский музей, Лондон, Великобритания); в – браслет, культура Наска (Национальный археологический музей «Брунинг», Ламбайеке, Лима, Перу); г – ритуальный сосуд в виде мужской головы, культура Чиму (Национальный археологический музей «Брунинг»)

знали, что чисто серебряная вещь будет хрупкой. Ацтеки использовали технику золочения, паяния, филиграни, полирования, чеканки. В последнем случае на чистую отполированную поверхность изделия наносили контур рисунка, по которому затем чеканили с помощью кремнёвого острия. Мастера умели покрывать отдельные детали тех или иных предметов тонкой металлической фольгой.

В средневековых испанских источниках упоминаются самые разные предметы из благородных металлов: фигурки богов, серебряная посуда, золотые цепочки и диадемы с украшениями из камней. Описываются украшения на обуви, золотые и серебряные жезлы и браслеты с прикреплёнными к ним бубенчиками, сосуды для напитков с украшениями в виде фигурок животных, жаровни для воскурений из золота и серебра, разнообразные воинские знаки отличия и пр.

СВЯЩЕННОЕ ЗОЛОТО ИМПЕРАТОРА

В индейском обществе, где не было денег, произведения искусства, сделанные из благородных металлов, обозначали социальный статус владельца, поскольку только представителям знати разрешалось обладать украшениями и носить их. Ацтеки ценили золото высоко, но не до такой степени, чтобы страстно домогаться его. Кроме того, в этом не было смысла, поскольку всё золото было священным и считалось принадлежащим императору. Одного ацтека поразило то, как повели себя испанцы при виде золота: «Они набросились на него, сжали в пальцах, как обезьяны. Они набросились, как голодные свиньи, на это золото». Сам Кортес сообщил посланникам Мотекусомы, что его люди страдают «болезнью сердца, излечить которую может только золото».

Из меди делали топоры, мотыги, кирки, тёсла, шила, долота, иглы, булавки, наконечники стрел и копий. Это перечисление показывает, что металлообработка имела большое значение в ацтекской экономике. Эта отрасль ремесла снабжала общество не только ритуальными предметами, но и орудиями труда, украшениями, предметами обихода. На высоком уровне находилось искусство инкрустации металлами. Мозаику ацтекские мастера выполняли с использованием бирюзы, яшмы, малахита, обсидиана, пирита, раковин, коралла. В качестве основы применяли дерево, камень, кость.

Особенно популярным и социально значимым было инкрустирование оружия и воинских принадлежностей вообще. Возможно, никто из других народов так не стремился к воинской славе, как ацтеки. Самой почётной считалась смерть в сражении или на жертвенном камне. Воины, погибшие в бою, жертвы, а также женщины, умершие во время родов, могли надеяться на самый высокий почёт в загробном мире. Поэты воспевали гибель на поле брани: «Ничто не сравняется со смертью в сражении, никакая другая смерть не является столь ценной для подателя жизни. Я предвижу её, сердце моё желает её!». Другой поэт так лирически описывает поле битвы: «Там, где всё горит, где проливается божественная жидкость, где божественные орлы почернели от дыма, где ревут ягуары, где разбросаны драгоценные камни, где перья колышутся, словно пена, где воины набрасываются друг на друга, а благородные властители разрывают друг друга на куски».

ЗОЛОТО МУИСКОВ

Культура муисков (чибча) получила распространение в X–XV вв. в центральной части современной Колумбии, на огромном плато, занимающем 30 тыс. км^2 на высоте 2700 м над уровнем моря. Наиболее важным горным центром муисков было поселение Буритика, расположенное на перекрестке торговых путей, идущих через Центральную Америку. Обитатели Буритики занимались добычей и обработкой золота. Большей частью индейцы добывали рассыпное золото, рыхля гравий на дне и на берегах рек палкой с обожжённым для прочности концом. Потом породу просеивали, пересыпали, чтобы отобрать золотосодержащий остаток, и в итоге промывали на деревянном лотке. Для такого вида разработок предпочитали сухой сезон.

Педро Сьеса де Леон в своей «Хронике Перу» (1553 г.) писал, что он видел «в одном доме этого поселка одну тотуму (чашу) из которой промывались весомые и крупные частицы золота; мы увидели здесь также россыпи и реки, откуда эту землю брали, и коа (дубинки), с помощью которых её размягчали».

Васко Нуньес де Бальбоа – испанский конкистадор, основавший первый европейский город в Америке (Дарьен), в письме, направленном королю в 1513 г., писал про прииски Буритики: «Добывают золото без всякого труда двумя способами. Один состоит в том, что ожидают полноводия рек, текущих в ущельях, а когда реки опадают и высыхают, то золото, смытое с горных отвесов и принесённое с сьерры (исп. Sierra – пила – горная цепь, гряда), остаётся на поверхности в виде крупных зёрен (индейцы рассказывали, что они достигают размеров апельсина или кулака), а также в виде гладких пластин. Другой способ добычи золота состоит в том, что ожидают, когда в сьерре высохнет трава, после чего её поджигают, а затем отправляются на поиски на возвышенности и в низины и находят большое количество золота в виде самородков красивой формы».

Продавцы золотого песка хранили его в стержнях из птичьих перьев. Стержень определенной длины служил единицей обмена. В качестве разновесок при мелких сделках использовались бобы какао.

На северо-западе плато найдены остатки разработок кварцевых золотых жил. Здесь индейцы каменными орудиями рыли очень узкие шурфы, меньше метра в диаметре, ведущие к кварцевой жиле иной раз под углом 30…40°. Руду дробили в каменных мельницах и извлекали золото. Есть свидетельства, что в некоторых местах жильное золото плавили, чтобы отделить чистый металл от сопутствующих примесей. Индейцы располагали и методами и оборудованием, чтобы делать это непосредственно у места добычи. В Буритике найдены небольшие плавильни, горны и тигли, весы и разновески для взвешивания металла. Чтобы достичь нужной для плавки температуры, тягу создавали через воздуходувные трубки. После плавки на дне тигля оставался диск (его называли «техуэло» – «пуговица») диаметром около сантиметра.

При необходимости индейцы улучшали качество золота способом «томления металла»: золотую пыль нагревали в смеси с солью и глиной. При температуре красного каления под действием оксида кремния выделялся хлор, который реагирует, в том числе, с золотом. Образовавшиеся хлориды улетучивались, хлорид серебра почти полностью абсорбировался глиной, а хлорид золота моментально разлагался, выделяя чистое золото. Таким образом, частицы золота покрывались слоем чистого металла, количество которого увеличивалось в ходе процесса и с ростом температуры. По этой причине частицы золота должны были быть возможно более мелкими, что облегчало действие хлора. Этот оригинальный способ не был известен европейской металлургии того времени. Впоследствии этот процесс использовали на монетном дворе в Санта-Фе-де-Богота с 1627 по 1838 г. – согласно всем индейским правилам. Золото, полученное таким способом, было легко лить, ковать, гравировать.

ЭЛЬДОРАДО – СТРАНА «ПОЗОЛОЧЕННОГО»

Лучшими мастерами по золоту считались индейцы гуатавита, жившие рядом с «золотым озером». С этим озером связана легенда о «золотом жертвоприношении». Будущий правитель («Сын Солнца»), раздетый донага, обмазанный сначала клейкой землёй, а потом золотым песком, окунался в священные воды озера, смывая золото и принося тем самым дар божествам. Был найдена золотая миниатюра, подтверждающая реальность этих легендарных событий.

Помимо золотого песка, в дар приносились и многочисленные изделия, которые воды озера сохранили от алчных конкистадоров до наших дней. Ритуал, описанный испанским историком Хуаном Родригесом

Золотая модель ритуального плота муисков. Музей золота (Мусео-дель-Оро). Богота, Колумбия

Ритуальная фигурка, сделанная из сплава золота с медью. Музей золота, Лима, Перу

Фрейле, дал начало самой известной и безжалостной легенде Латинской Америке об Эль-дорадо – стране Золотого человека (исп. el dorado – позолоченный).

Гуатавита наделяли золотых дел мастеров сверхъестественными способностями, называли «властителями огня». Они обладали особым статусом в обществе. Мастера широко использовали сплавы золота с медью, серебром и платиной. Индейцы рассматривали сплав металлов как особую религиозно-философскую категорию – плодотворное соединение мужского и женского начал. Жёлтое золото символизировало мужскую силу, а красноватая медь – подвластную ему женственность. Поэтому изделия из чистого золота археологи находят очень редко.

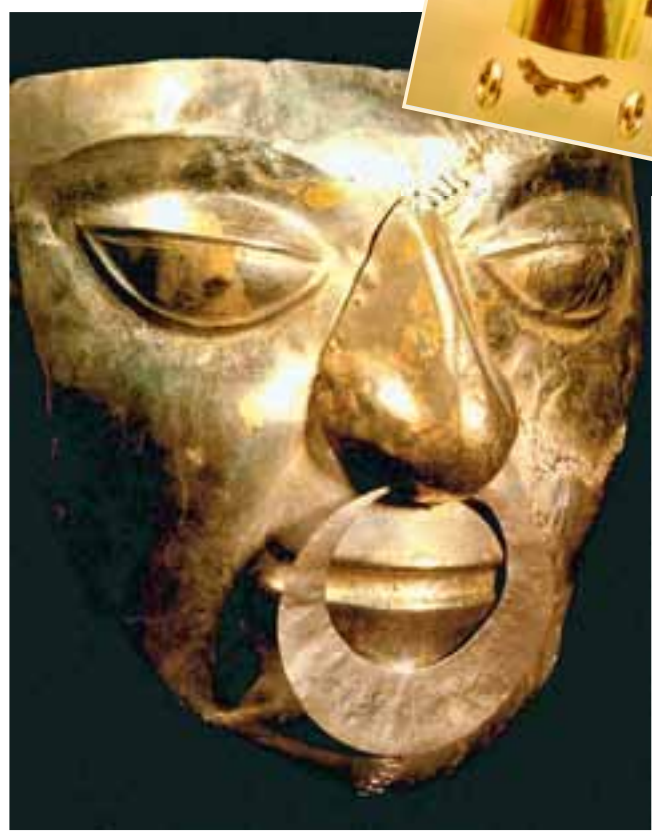
ТУМБАГА

Ювелиры предпочитали работать с «тумбагой» («томпаком») – сплавом золота и меди. Наиболее часто применявшийся колумбийскими ювелирами томпак содержал примерно 30 % масс. золота и 70 % масс. меди. Этим индейцы достигали снижения точки плавления примерно до 200 °C. Для томпака не требовалась высокая температура плавления, сплав сильно упрочнялся при холодной обработке, из него можно было получать другие сплавы самых разных оттенков. Тумбагу готовили в плавильных горнах, работавших на каменном угле.

Техника томпака также часто применялась племенами араваков и карибов на Антильских островах, в Гайане и Венесуэле. Колумбийские археологи Риве и Арсандо, полагая, что техника томпака распространилась от этих племен до района Амазонки, а на севере до границ Флориды, помещают центр зарождения этой техники в район Гайаны. Они считают, что термин «томпак» идентичен терминам «гуанин» араваков и «каракольи» карибов.

Часто изделия из томпака, особенно низкопробного, подвергали золочению, придавая им вид предметов из чистого золота. Эта технология применялась муисками, кимбайа, сину и др. Известны сообщения об этой технике хронистов времён испанского завоевания, в которых отмечается, что испанцы часто бывали обмануты, получая (как дань от племён) золото, которое они считали высокопробным и которое, к их удивлению, при плавлении оказывалось крайне низкого качества. Фернандес де Энсисо в 1519 г. писал об индейцах Санта-Марта: «Индейцы владели большим количеством золота и меди. Много было у них и золочёной меди. Говорят, что индейцы золотят медь травой, которая растёт в тех землях, и если истолочь её и выжать сок, а потом вымыть в нём медь и положить её в огонь, то медь приоб-

Набор золотых украшений, Музей золота, Богота, Колумбия



Ритуальная маска (над левой бровью и на левой щеке хорошо видны «швы»). Цивилизация Ла-Толита. 300–400 гг. Национальный археологический музей «Брунинг». Ламбайеке, Лима, Перу

Серьги из золота и платины, Ла Толита (Эквадор), 300 г. до н.э. – 400 г. н.э. Музей золота, Богота, Колумбия

ретает цвет золота, и цвет этот ярче или бледнее в зависимости от того, больше или меньше взято травы».

Археологи Риве и Арсандо высказали предположение, что колумбийские индейцы употребляли для золочения своих изделий то же растение, что применяют для золочения своих украшений жители Эквадора – oxalis pubes, которое на языке кечуа носит название «чулько». Его сок благодаря содержащейся в нём щавелевой кислоте растворяет оксид меди, образующийся при предварительном нагреве изделия из томпака. Таким образом, тонкий поверхностный слой в результате обеднения медью содержал практически чистое золото. По некоторым сведениям, для этих целей также использовалась предварительно выдержанная моча.

Ещё одним способом золочения был уже описанный выше способ очистки золота хлорированием при помощи смеси глины и соли. При этом очищался только поверхностный слой изделия, которое после полировки приобретало вид золотого.

ЮВЕЛИРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГУАТАВИТА

Гуатавитские металлурги применяли различные технологии обработки металлов. Они владели приёмами литья в сплошной форме, чеканки, штамповки, плющения, сварки, золочения, чернения. Для изготовления полых предметов применялись различные технологии. Простейший способ состоял в соединении изготовленных по отдельности частей золотыми гвоздиками или кованым «швом». Этот метод использовали, когда нужно было покрыть золотыми пластинами неметаллические поверхности. Археологами обнаружены золотые пластины в форме раковин, свирелей, воронок. Широко применялись более сложные технологии: пайка, филигрань, скань и даже грануляция и зернение, которые на другом континенте с успехом применяли этруски. Крошечные золотые шарики, проволочки, пластинки, припаянные к медной поверхности, придавали изделиям удивительное изящество.

Церемониальный атрибут в виде кошки. Национальный археологический музей Брунинг, Ламбайеке, Лима

Технология зернения чаще всего применялась на юге Колумбии и на северо-западе Эквадора. Она позволяла соединять части с различным содержанием золота. Если отдельные части были из золота высокой пробы (18–24 карата), на место соединения помещалась капля ацетата меди, который получали растворением меди в уксусе, и несколько капель клея органическою происхождения («рыбий» или растительный клей). Затем части нагревали слабым пламенем в атмосфере, бедной кислородом, идеальной для выполнения этой операции. Органический клей выгорал в ходе процесса, медь сплавлялась с золотом изделия, образуя соединение в местах соприкосновения двух частей. Если соединяемые части сделаны из томпака, добавлять ацетат меди было не обязательно. Для этого сложного процесса требовалась высокая температура (на 25° С ниже точки плавления металла), и малейшая ошибка могла разру-

Золотые изделия культуры Чавин: золотая корона из Кунтур-Уаси (кечуа «Kuntur Wasi» – «дом кондора») – религиозного центра культуры Чавин; , внизу– золотое изделие (вероятно, с чернью), найденное в Чавин-де-Уантар, с изображением ягуара с оскаленными клыками – основы религиозного культа Чавин

шить изделие. В результате применения этого метода соединение получалось прочным и вместе с тем почти незаметным.

Среди металлических изделий культуры чибча специалисты особо выделяют украшения для повседневного употребления. Это тиары, диадемы, подвески для носа и ушей, кулоны в виде сердца и дисков, ожерелья, булавки, броши. Их тщательно полировали, шлифовали и золотили. Особенно ценились бусы и браслеты из нанизанных на золотые шнурки фигурок животных. Фигурки чтили как священные. Муиски верили, что божества принимают облик разных зверей, и, чтобы снискать их расположение, буквально обвешивались такими связками.

МЕТАЛЛЫ В КУЛЬТУРАХ ДРЕВНЕГО ПЕРУ

Горная система Анд богата месторождениями медных руд, серебра, олова, свинца и золота. Это способствовало раннему развитию металлургии населявших эти земли народов.Культура Чавин сформировалась в перуанских Андах в 1200–1300 гг. до н. э. и просуществовала до 400–200 г. до н. э. Название она получила от впечатляющего культового центра – селения Чавин-де-Уантар, расположенного на высоте 3500 м между двумя цепями гор. Обнаружены храмовые каменные постройки, многочисленные подземные галереи, каменные статуи божеств, резные плиты с изображениями ягуаров, кондоров и фантастических существ. Культовый комплекс Чавин-де-Уантар был центром влиятельной религии, основанной на культе ягуара с оскаленными клыками и сосредоточенной вокруг оракула, который был способен предвидеть будущее, побеждать болезни и обращаться с просьбами к богам.

Ювелиры Чавин использовали обработку листового золота, рельефные изображения на металле, пайку и сварку. Искусство этой культуры схоже с искусством ольмеков – народа, населявшего побережье Мексиканского залива. Археологи доказали, что около 900 г. до н. э. между Мезоамерикой, Эквадором и Перу существовали прямые морские контакты. К тому времени, когда культура Чавин стала угасать, мастера по металлу передали свое мастерство и своих богов другим народам Перу.

Золотые украшения из захоронения Сипан с великолепной мозаикой из бирюзы и других самоцветов. Национальный археологический музей «Брунинг». Ламбайеке, Лима, Перу

Затем появились Мочика, Тиагуанако и Вари – значимые культуры и, как считают учёные, первые настоящие империи в Андах. Между 300 г. до н. э. и 1100 г. н. э. они были доминирующими в регионе и помогли заложить основы будущего правления инков.

Мочика (400–800 гг.) – древняя цивилизация, существовавшая на северном побережье современного Перу. Центр её находился в низовьях реки Моче (отсюда название), где сохранились огромные ступенчатые сооружения (так называемые пирамиды Солнца и Луны). Мочика многими специалистами признаются лучшими металлургами доинкского Перу. Они работали с золотом, серебром и медью, владели мастерством чеканки, ковки, пайки, инкрустации полудрагоценными камнями и перламутром. С помощью этих технологий мочика достигли значительных успехов в искусстве всех видов мелкой пластики из золота, дерева, раковин и кости. Культуре мочика принадлежат и печально знаменитые бабочки, найденные полковником Ла Роса, которые могли парить в воздухе, если на них дунуть. Каждая из бабочек, а их было около пяти тысяч, весила менее грамма и не была похожа на другую. К сожалению, вся эта уникальная коллекция была переплавлена в золотые слитки.

НЕКРОПОЛЬ СИПАН

Если в Евразии символом древней металлургии стала Варна, то в Южной Америке апофеозом рудного дела принято считать некрополь Сипан в Перу. Сипан располагается на берегу реки Моче и представляет собой большой кирпичный холм с несколькими царскими гробницами. Величественные, удивительной конструкции пирамиды-усыпальницы местных властителей,

Руины пирамиды (храма) Солнца (Уака дель Соль). Культура Мочика (Моче). До 450 г.

построенные в 100–700 гг., хранили десятки тысяч разнообразных изделий из золота и сложных золото-медно-серебряных сплавов.

Маски, пластины, скипетры, причудливые фигуры фантастических животных и многие другие предметы многоярусными слоями укрывали останки почивших царственных особ. Но среди всей невероятной массы металла напрасно было искать хотя бы один медный предмет. Ношение золота было исключительной привилегией знати, поэтому по обычаю в захоронение вельможи клали множество разнообразных золотых украшений, а также вкладывали в глаза, рот и ноздри золотые шарики. Уникальными, не имеющими аналогов в мире являются найденные золотые инкрустации на зубах.

ЧИМОР

Народ Чиму (1200–1476 гг.), согласно преданию, приплыл по морю на бальсовых плотах откуда-то с севера. Его возглавлял человек по имени Такайнамо. В долине реки Моче он сошел на берег, воздвиг святилище, где совершил благодарственные обряды покровительствующим ему богам и основал царство Чимор. Местное население признало в нём нового повелителя. Владения царства Чимор простирались на тысячи километров. Это было самое могущественное государство из всех известных ранее в Южной Америке. В покорённых обла-

Украшения из золота и драгоценных камней, культура чиму (вверху). Музей золота Перу и мирового оружия, Лима

Скипетр-нож из захоронения Старого вождя Сипана – одно из лучших творений ювелиров Мочика. Национальный археологический музей «Брунинг». Ламбайеке, Лима, Перу

Ожерелье в виде арахисовых зёрен. Национальный археологический музей «Брунинг», Ламбайеке, Лима, Перу

Солнечный плащ. Фрагмент. 200 г. до н.э. – 600 г. н. э. чеканка, культура Мочика. Национальный археологический музей «Брунинг», Ламбайеке, Лима, Перу

Добыча золота представляла собой главную отрасль экономики. По некоторым оценкам, добычей золота были заняты примерно 6000 человек.

Золотые изделия Чиму: слева – жертвенный нож-секира «туми» – одна из самых значительных реликвий племени Чиму (золото, серебро, бирюза; чеканка, филигрань) (Национальный археологический музей «Брунинг», Ламбайеке, Лима, Перу); справа – квадратная корона (Музей золота, Лима, Перу)

стях властители Чиму оставляли своих наместников, которые контролировали управление местных князей. Представителей таких слоёв общества называли «высокородными мужами».

Чиму добились высоких результатов в металлургии. Их бронзовые ножи, мотыги и копья высоко ценились, как и золотые, и серебряные украшения. Предпочтение отдавалось серебру – оно считалось металлом Луны, которой индейцы поклонялись как верховному божеству. В период расцвета династии Чиму в XV в. ювелирное ремесло превратилось из индивидуального промысла в хорошо организованную, строго контролируемую индустрию, поставленную на службу знати.

Чиму ценили драгоценные металлы как символ власти и престижа. Только знать имела право носить золотые одежды, пить из золотых кубков, использовать золотые гребни. Сумочки с золотым и серебряным шитьем и инкрустациями были модным аксессуаром, в котором хранили листья коки.

Добыча золота представляла собой главную отрасль экономики. По некоторым оценкам, добычей золота были заняты примерно 6000 человек. Золотоносная руда плавилась в расположенных на склонах гор «ветряных плавильных печах». Слитки драгоценного металла отправлялись в столицу – город Чан-Чан, где золото с помощью специального каменного молотка раскатывали в листы, из которых потом делали утварь, украшения, золотое шитьё.

Золотых дел мастера изготовляли нагрудные украшения и золотые диски для ушей из кованых листов золота, чашки и блюда по деревянному шаблону, отливали бусины и статуэтки, используя позолоту и инкрустацию. Они были искусными мастерами в создании мозаики, рельефов и филиграни. Испанский историк Хуан де Торквемада писал в 1613 г., что чиму выковывали из золота предметы такой красоты, которая затмевала все изделия испанских ювелиров: «Они умели делать таких золотых птичек, головки которых, язычок и крылышки двигались, топорщились, а также животных, в лапы которых они вкладывали различные безделушки, и те тоже двигались, словно плясали».

ВЕЛИКИЕ ИНКИ

Инки – индейское племя, обитавшее на территории Перу и создавшее незадолго до испанского завоевания обширную империю с центром в городе Куско, в перуанских Андах. Империя инков простиралась с севера на юг от Колумбии до Центрального Чили и включала в себя территории нынешних Перу, Боливии, Эквадора, севера Чили и северо-запада Аргентины. Индейцы называли Инкой (Сапа Инкой) лишь императора, но конкистадоры применяли это слово для обозначения всего племени, которое в доколумбовую эпоху, по-видимому, пользовалось самоназванием «капак-куна» или «кечуа» («великие», «прославленные»).

Куско, расположенный в узкой долине на восточных склонах Анд со снежными шапками вершин на высоте 11 тыс. футов над уровнем моря, был политической, ре-

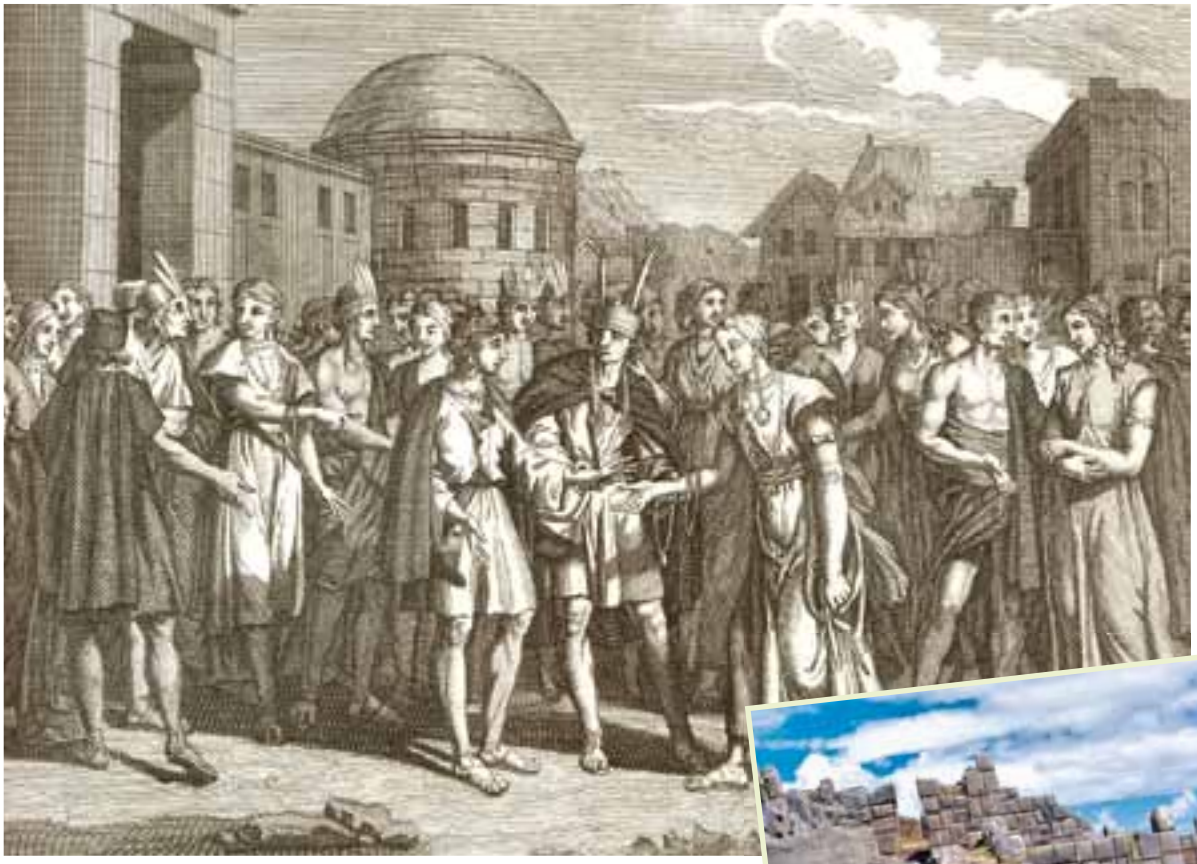
лигиозной и церемониальной сердцевиной мира инков. История Куско начиналась довольно скромно – это была одна из нескольких маленьких крестьянских деревень в долине, которая, вероятно, продолжала бы оставаться такой же неприметной, если бы легендарный герой по имени Инка Юпанки не пришел к власти менее чем за столетие до завоевания страны испанцами. Одержимый идеей превосходства инков, этот одарённый военачальник, блестящий политический деятель и организатор менее чем за три десятилетия расширил свое небольшое владение, превратив его в Тауантинсуйю, «землю четырёх четвертей» (четырёх сторон света) – царство, которое по своим размерам и эффективному устройству управления могло соперничать с Римской империей в годы её наивысшего расцвета. Он выбрал для себя устрашающее имя – Пачакути, что означает «катаклизм», «землетрясение».

Для того чтобы каждый его подданный мог свободно понимать другого и общаться со всеми, Пачакути сделал язык кечуа, на котором говорили только в Куско, официальным языком всей империи. Он не препятствовал людям разговаривать на своих местных языках, из которых самым распространенным был аймара, но от них требовали изучения и кечуа. Сьеса де Леон писал по этому поводу: «это требование так строго насаждалось, что ребёнка начинали обучать языку кечуа ещё до того, как его отрывали от материнской груди». Язык кечуа сохранился до сих пор, и на нём сегодня разговаривают около 10 млн человек, проживающих в Андах. Аймара тоже используется в некоторых районах.

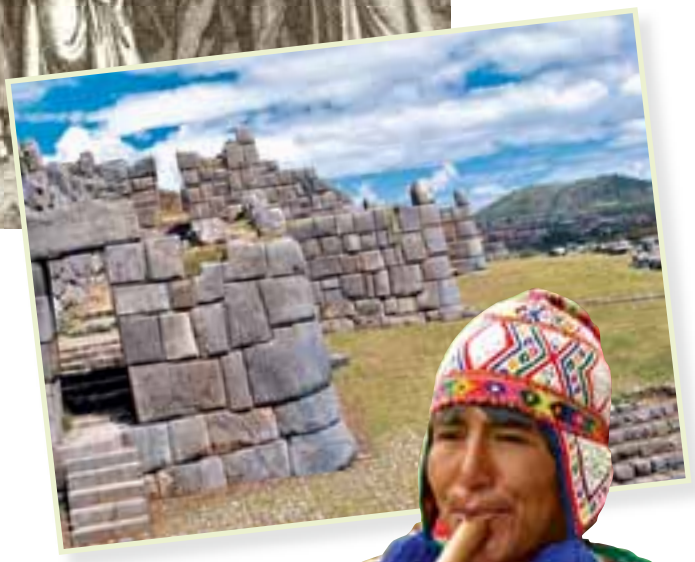
КОЛЬКАС И КИПУ

При Пачакути и его сыне, Топа Инке, инкам удалось подчинить себе все основные государства и племена в Андском регионе, что привело к созданию не только самой крупной в доколумбовом Новом Свете империи, но и к такому государству, в котором всё тщательно планировалось и подчинялось строгому управлению. Империя была связана обширной сетью мощённых камнем дорог, вдоль которых через определённые расстояния стояли почтовые станции с помещениями для отдыха и склады с

Знаменитый «город инков в небесах» Мачу-Пикчу



«Религиозные ритуалы инков». Бернар Пикар, гравюра XVIII в.



Крепость-храм Саксауаман в столице инков Куско

продуктами и необходимыми материалами. По дорогам регулярно курсировали пешие гонцы-бегуны и всадники на ламах.

За относительно короткое время, не более полувека, инками были созданы уникальная система ирригационного террасного земледелия и сеть специальных хранилищ – колькас. В колькас, расположенных равномерно по территории империи инков, кроме кукурузы и картофеля находилось еще очень много другого; один испанский наблюдатель сообщил, что на этих складах хранились «щиты, металлические и кожаные, балки для кровли домов, ножи и другие инструменты, сандалии, кирасы для снаряжения воинов. Всего этого там было в таких невообразимых количествах, что поражало, каким образом эти туземцы смогли обеспечить себя столь разнообразными нужными предметами. Все воины могли получить со складов обмундирование, оружие и необходимые припасы». В ответ на проявляемую о них государственную заботу от воинов требовались надёжность и выдержка. «Разграбление захваченных городов строго запрещалось, – отмечал Гарсиласо де ла Вега, – даже если они были завоёваны силой».

Из-за существования сети колькас завоёванные инками народы достигли неведомого им ранее высокого уровня социальной защиты. Общины избавились от

чумы междоусобных войн, им больше не было нужды ссориться из-за земли или права на воду. Жители не боялись угрозы неурожая или стихийных бедствий, которые прежде могли лишить их крова и пустить по миру. Но за чувство безопасности нужно было платить. И ценой стал строго регламентированный, бюрократический образ жизни под властью инков.

Поражает тот факт, что как Пачакути, так и его преемники управляли этой громадной империей, обходясь без письменного языка. Инки, однако, изобрели ему замену, вполне отвечавшую всем их нуждам, так называемое узелковое письмо. Оно представляло собой разноцветные шнурки, сплетённые либо из хлопка, либо из шерсти, с завязанными на них узелками; иногда число таких скрученных нитей достигало сотни, и все они были различной длины. Название этой замены письменности на языке кечуа так и обозначается словом «кипу» – «узелок».

Кипу, возникшее, вероятно, еще до инков, в их руках превратилось в идеальный инструмент осуществления государственного контроля над всеми областями жизни. Оно позволяло кодировать все необходимые для бюрократии статистические данные – от количества работоспособных мужчин, выплачивающих налоги (мита) в тот или иной месяц, до количества зерна, имеющегося в наличии в каждом амбаре по всей стране. Благодаря кипу инки могли проводить опись населения и собственности с такой точностью, что, по словам одного испанского очевидца, «от их внимания не ускользала ни одна пара сандалий». «Империей, – писал другой летописец, – управляли с помощью кипу».

К последней четверти XV в. инкам удалось объединить две различные зоны Перу – так называемые Сьерру (горную) и Косту (береговую) – в единое социальное, экономическое и культурное пространство. Население Тауантинсуйю, по разным оценкам, составляло от 8 до 15 млн человек. Во главе огромной державы стоял божественный правитель – Инка, которому помогали наследственная аристократия, связанная с правителем кровным родством, а также жреческая каста и целая армия чиновников, контролировавших все стороны жизни подвластного населения.

Духовная жизнь и вопросы культа целиком находились в руках жреческой иерархии. Поклонение богу-творцу Виракоче и небесным планетам осуществлялось в каменных храмах, украшенных внутри золотом. Имея в прошлом древнюю и высокую культурную традицию, инки были скорее наследниками, нежели родоначальниками перуанской культуры.

ЗОЛОТЫЕ И СЕРЕБРЯНЫЕ ГОРОДА ИНКОВ

Изобретательность инков проявлялась во всех областях их жизнедеятельности, включая и обработку металла. Наибольшее практическое значение имела добыча меди и олова. Использовали и свинец. Из бронзы изготавливались топоры, серпы, ножи, ломы, щипцы, булавки, иглы. Лезвия бронзовых ножей, топоров и серпов ковали для придания им большей твёрдости.

Инками разрабатывались почти все ныне известные перуанские месторождения золота. Они прекрасно организовали добычу золота промывкой. Его намывали в реках, стекающих с Анд: по многокилометровым каналам подводили к золотоносным землям воду тающих снегов. Такие каналы обнаружены около Тиауанако в Чунгамайо, в окрестностях Ла-Паса. Золото добывали и в горных выработках. И сейчас можно увидеть остатки золотоплавильного производства в Хуабамбе. В Мачу-Пикчу обнаружены руины мельницы для измельчения золотоносного кварца. Серебро добывали в основном в рудниках в районе Порко, расположенном в горной цепи на восточном краю боливийского плато. У испанцев этот район получил позднее название «Серебряная гора», а расположенный там город – «Серебряный город».

Труд индейцев по добыче металлов в какой-то мере можно считать образцом методов научного управления своего времени. Рабочий день длился с полудня до заката, чтобы не допустить преждевременного истощения работника на больших высотах с разреженным воздухом. Жёны, которым разрешалось оставаться рядом с мужьями в течение всего периода отработки налогов, готовили пищу; часто организовывались праздники, и

каждый рабочий имел право вернуться домой по окончании трудового срока.

Кузнечные мехи инкам не были знакомы; они добивались нужной температуры плавки (более 1000 °С) в продуваемых потоками воздуха специальных терракотовых печах, называемых «уаирас». В тех районах, где нехватка воздушных потоков не давала возможности использовать метод строительства таких печей, рабочие, как отмечает Гарсиласо де ла Вега, применяли «дутьё, которое осуществлялось с помощью медных трубок длиной более или менее одного локтя (45 см), что зависело от размеров плавильной печи. Эти трубы забивались с одной стороны, оставалось только небольшое отверстие для увеличения тяги. Обычно несколько таких труб, от 8 до 12, располагалось вокруг плавильной печи, сильнее раздувая бушующий в ней огонь».

Булавки «тупу»

«ПОТ СОЛНЦА» И «СЛЁЗЫ ЛУНЫ»

Инки называли золото «потом Солнца» (серебро для них было «слезами Луны») и воспринимали этот блестящий металл только с эстетической точки зрения, считая его красивым и священным. Из него они делали прекрасные предметы, статуэтки своих богов для украшения святилищ. Труд у них пользовался большим уважением, поэтому они куда выше ценили свое уникальное ткацкое ремесло – каждый кусок ткани говорил о тысяче часов, проведенных мастерами стоя за станком. Так что неправ был испанский хронист, слова которого приведены в качестве эпиграфа к этому очерку. Именно такие ткани, а не золотые слитки были подлинной валютой, имевшей хождение по всей империи.

Особое значение имели булавки «тупу», которые использовались для скрепления пол шерстяного плаща, наброшенного на плечи, и демонстрировали социальный статус владельца одежды. К тому же они были главным украшением андской женщины. Обычные бронзовые тупу носили простолюдинки, а золотые булавки более тонкой работы с узорами украшали роскошные мантии знатных дам. Большинство булавок имело в длину пять или шесть дюймов. Форма и рисунок отличались большим разнообразием.

Ювелиры, мастера художественной обработки металла, жили в отдельных городских кварталах и платили налоги в виде произведенных ими изделий, сырьё для которых обычно поставляли двор и знать. Например, для дворцовых садов Сапа Инки золотых дел мастера выковывали из этого драгоценного металла цветы, травы, стада лам вместе с пастухами, кроликов, мышей, ящериц, змей, бабочек, лис, диких кошек и размещали свои произведения искусства среди живых растений и деревьев.

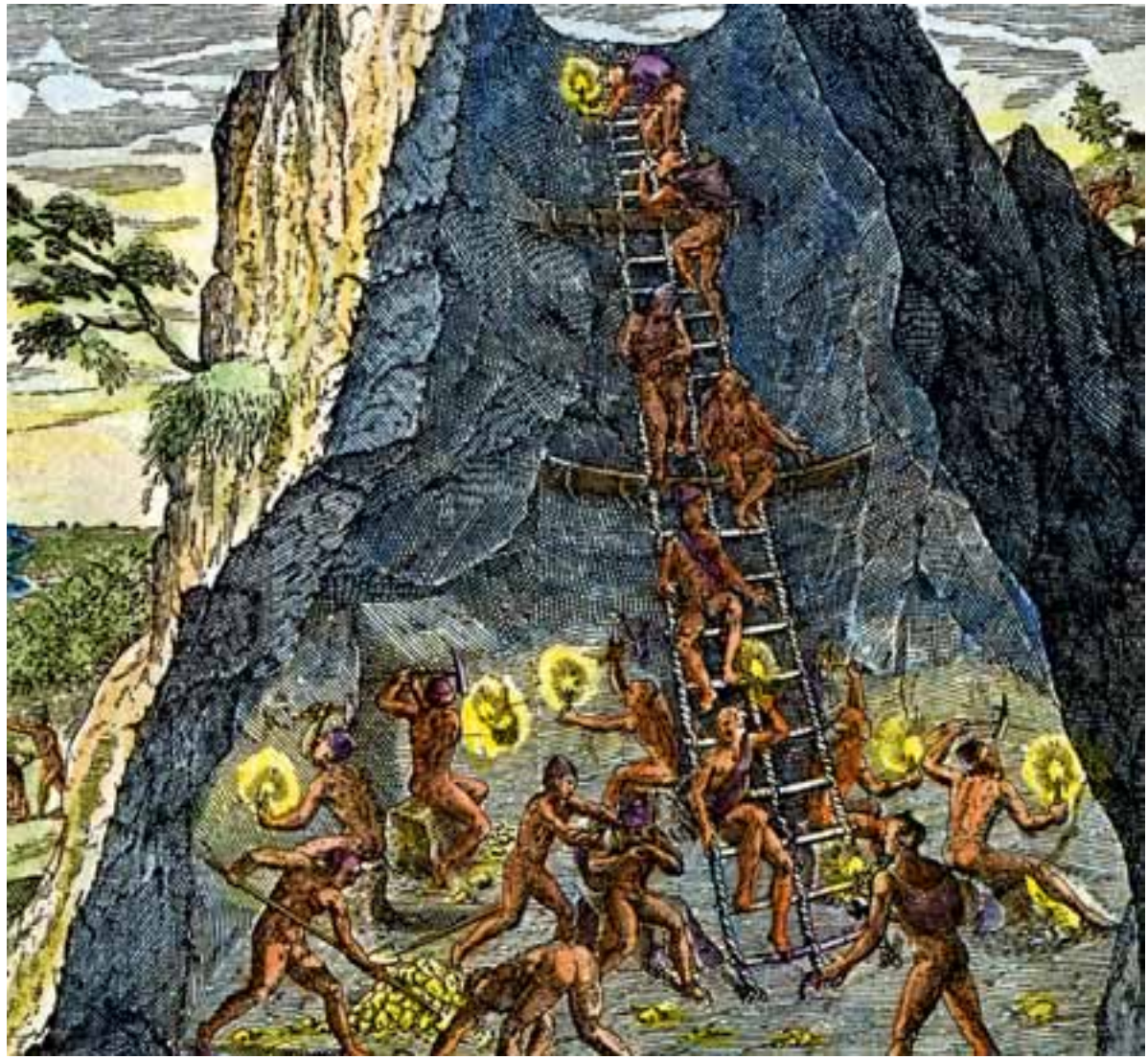
КОРИКАНЧА – ЗОЛОТОЙ КВАРТАЛ

Столица империи – Куско – слепил золотым блеском. Некоторые здания были покрыты золотыми пластинами, имитировавшими каменную кладку. Крытые соломой крыши храмов имели золотые вкрапления, имитировавшие соломинки, так что лучи закатного солнца «зажигали их блеском», создавая впечатление, будто вся крыша сделана из золота.

Центральное место занимал храмовый комплекс, посвященный Инти – богу Солнца. Инки называли этот участок с полудюжиной строений «Кориканча», т.е. «золотой квартал». Здесь рядом с изваянием самого Инти они разместили идолов подчиненных себе народов. Религиозные обряды ежедневно проходили в главном храме Кориканчи и в других храмах, построенных по его образцу на территории всей империи. Их проводили жрецы и жрицы из монастыря, которых испанцы окрестили «невестами Солнца». На рассвете каждого дня приверженцы бога Инти посылали восходящему солнцу церемониальный воздушный поцелуй, называемый «муча».

Испанцы были буквально ослеплены красотой Кориканчи. Летописец Педро Сьеса де Леон утверждал, что храм бога Инти «самый богатый по количеству золота и серебра в нем и что подобного ему не найти во всем мире». Он писал, что «посередине одной стены пролегала полоса из чистого золота длиной в два обхвата человеческих рук и толщиной в четыре пальца. Ворота, ведущие к храму, и его двери были покрыты листами этого благородного металла. Внутри находилось изваяние Солнца из превосходно выкованного золота, украшенное множеством драгоценных камней. При храме был сад, в котором почвой служили «комки» золота, а между ними была хитроумно «высажена» кукуруза, вся из золота: стебли, листья, початки». Снятый здесь внушительный золотой и серебряный «урожай» помог последнему Великому Инке Атауальпе за-

Серебряное ритуальное украшение в форме початка кукурузы



Индейцы, работающие на золотых рудниках. Гравюра Теодора де Бри, 1596 г.

платить выкуп за себя, когда он был взят в плен конкистадорами. Только со стен Кориканчи испанцы содрали 700 золотых пластин, «словно доски с ящиков», как заметил очевидец. После переплавки из каждой пластины получался золотой слиток весом в четыре с половиной фунта.

В Куско располагался и серебряный храм Луны. Гарсиласо де ла Вега описывал его следующим образом: «Помещение было облицовано серебряными пластинами. Центральное место занимал женский портрет, выполненный на большом слитке серебра. В эти покои вступали, чтобы посетить Луну и вверить себя её защите, ибо её считали сестрой и женой Солнца, а также матерью всех инков и всего их рода. По обе стороны изображения Луны стояли серебряные фигуры умерших цариц, расположенные в соответствии с престолонаследием и возрастом».

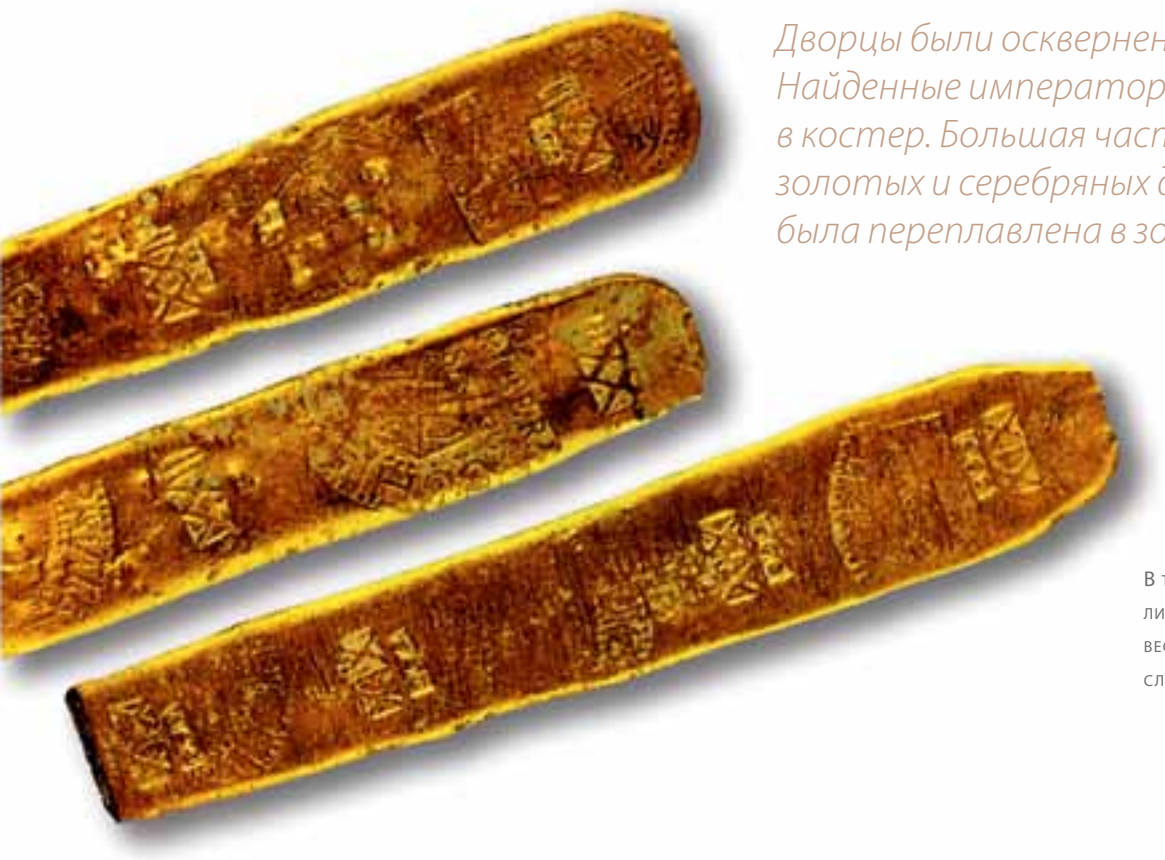
ЗОЛОТЫЕ ЮВЕЛИРНЫЕ ШЕДЕВРЫ И БАНАЛЬНЫЕ СЛИТКИ

Однако эта самая крупная и наилучшим образом организованная империя доколумбовой Америки стала добычей горстки испанских авантюристов во главе с Франсиско Писарро. Пленение и последующее убийство Инки Атауальпы в 1532 г. парализовало волю индейцев к сопротивлению, и могущественное государство рухнуло в считанные дни. Выкуп за захваченного конкистадорами владыку империи инков составил 13,4 тыс. фунтов золота и 26 тыс. фунтов серебра – в великолепных ювелирных изделиях. Именно тогда родилась испанская поговорка «Проиграть солнце до рассвета». Эта крылатая фраза была сказана после того, как простой испанский солдат Мансио Серро де Легисано, получивший свою долю выкупа – солнечный диск из золота, проиграл его за одну ночь.

Последствия завоевания были поистине ужасающими для народов империи инков. Многие из них так и не оправились от сильнейшего шока из-за понесенного ими поражения, сотни людей, видя, как у них на глазах рушится некогда могущественная империя, утрачивали всякую волю к жизни. Цифры свидетельствуют о том, что за пятьдесят лет после прибытия сюда испанцев население Тауантинсуйю сократилось с 7 млн. человек до 500 тыс. А среди тех, кому удалось избежать заболеваний оспой и корью – эту болезнь тоже привезли на континент испанцы, – всё больше людей отправлялось на тот свет из-за изматывающего каторжного труда.

Ни одна область туземной культуры не устояла перед европейским насилием. Дворцы были осквернены, храмы разрушены. Найденные императорские мумии были брошены в костер. Большая часть шедевров, созданных золотых и серебряных дел мастерами-инками, была переплавлена в золотые слитки. Самые прекрасные изделия из золота и серебра были отправлены в Европу в качестве даров императору Карлу V. Они были выставлены для всеобщего обозрения сначала в Севилье, а затем во дворце испанских наместников Нидерландов. Великий немецкий художник Альбрехт Дюрер был одним из тех, кто имел возможность познакомиться с сокровищами, привезенными из Америки. В их числе был золотой солнечный диск диаметром более 2 м. «Я в течение всей своей жизни, – писал Дюрер, – не видел ничего, что бы так поразило моё сердце». Однако император, испытывавший острую нужду в деньгах для проведения своих военных кампаний, совершил вопиющий акт вандализма – он велел переплавить эти выдающиеся произведения инкского искусства в банальные золотые слитки. ❋

Инка поклоняется Солнцу. Иллюстрация Л.Ф. Лабрусса к «Энциклопедии путешествий» Ж. Грассе де Сен Совёра. 1796 г. Библиотека прикладных искусств. Париж, Франция



Дворцы были осквернены, храмы разрушены. Найденные императорские мумии были брошены в костер. Большая часть шедевров, созданных золотых и серебряных дел мастерами-инками, была переплавлена в золотые слитки.

В такие золотые бруски испанцы превращали изделия американских ювелиров. На них обозначались вес, чистота металла, удостоверенная королевским служащим, и имя плавильщика

Глава 5

Изобретение Гуттенберга – мост в Новое время

Из хат одних бывает миру весть,
И проповеднику защитой плащ дырявый,
Не золоту – свинцу досталась честь
Служить тысячеустно мысли правой.
Георг Гервег. Три песни о Гуттенберге

ГЕНИАЛЬНЫЙ ЛИТЕЙЩИК ИОГАНН ГУТТЕНБЕРГ! Часто ли Вам приходилось слышать такую характеристику выдающегося инженера – изобретателя книгопечатания? Однако большинство исследователей сходятся во мнении, что основой изобретения Гуттенберга является именно способ отливки типографского шрифта – остальные составляющие печатного станка были известны и ранее. Таким образом, именно искусство работы с металлом лежит в основе ещё одного изобретения, определившего направление развития человечества.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

В своей легендарной работе «Галактика Гуттенберга» канадский литературовед, социолог и культуролог Г.М. Маклюэн утверждал, что решающим фактором процесса формирования конкретной социально-экономической системы, а по сути дела, двигателем исторического прогресса выступает смена технологий, влекущая за собой смену способа коммуникации. И с этим трудно не согласиться: в самом деле, изобретение способа типографской печати для XV в. имело едва ли не большее значение, чем появление глобальной компьютерной сети в наши дни. Значительно ускорив обмен информацией, в том числе и знаниями, книгопечатание проложило своеобразный мост из эпохи Возрождения в Новое время, а также стало первым большим шагом человечества к миру будущего, представляющему собой «глобальную деревню», в которой ничего нельзя скрыть и все ответственны за всё.

Тиражирование изображений в Древнем мире: а, б – оттиски двух печатей из долины Инда, III тыс. до н. э.; в – шумерско-аккадская глиняная печать, 2291–2254 гг. до н. э.; шумерская (г) и хеттская (д) цилиндрические печати и оттиски

Государственный деятель и учёный-эрудит Китая Шень Ко (1031–1095 гг.) впервые изложил способ печати с помощью наборного шрифта в своей работе «Записки о ручье снов» в 1088 г., приписав данное новшество неизвестному мастеру Би (Пи) Шэну. Шень Ко описал технологический процесс производства литер (от лат. littera – буква) из обожжённой глины, процесс печати и изготовление наборных шрифтов.

ДРЕВНИЕ ПЕЧАТИ

В Древнем Египте и странах Междуречья за тысячи лет до нашей эры применялись вырезные печатки, с которых имена царей или жрецов переводили в рельефе на глину. Более того, уже в эти столь древние времена были изобретены небольшие цилиндры, от прокатывания которых получалась надпись. По существу это уже была печатная форма, и притом довольно сложная и совершенная. В 1-м тысячелетии до новой эры повсеместно были распространены перстневые печати, изготовленные по технологии чеканки и штамповки. Таким образом, ещё в эпоху Древнего мира были освоены технологии получения оттиска, основанные на принципе вдавливания изображения в глину, дерево или металл. При этом изображение, не отличаясь по цвету от фона, становилось видимым благодаря контрасту в освещённости у поверхности и во вдавленных в материал частях.

Новый принцип перенесения изображения был освоен в результате изобретения технологии набивки (или набойки) тканей в IV–V вв. Прежде узор на ткани получался либо при самом тканье, либо с помощью вышивки или рисунка; теперь же научились оттискивать изображения с рельефа на доске. На поверхности доски оставлялись те части рисунка, которые должны отпечататься, а всё остальное (фон) вырезалось, выскабливалось. Для того чтобы изображение перешло на ткань, не требуется такого сильного нажима, как при штамповке: печатную форму покрывают жидкой краской и прикладывают к ткани.

Китайский двухцветный ксилографический отпечаток (1341 г.) и реконструкция наборных столов

Восточная ксилография:
а – Япония, 764-770 гг.; б – Корея, 1011-1082 гг.; в – Авалокитешвара-сутра, Китай, 1420 г.

КСИЛОГРАФИЯ

Первым по времени способом механического размножения книг была ксилография (обрезная гравюра на дереве). Она возникла в буддийских монастырях Китая в правление династии Тан (618–907 гг.).

Форму для ксилографической печати изготовляли следующим образом: на гладкую деревянную доску наносили рисунок или ряды письменных знаков; линии рисунка обрезали, оставляя их выпуклыми, а пространство между линиями углубляли, вынимая древесину. Рельефные линии на доске смазывали краской и получали оттиск-отпечаток на бумаге или на другом материале. Вначале оттискивание с доски производилось печатниками ксилографических книг вручную. Доску клали на стол печатающей плоскостью кверху и накатывали краской; затем осторожно накладывали на нее лист бумаги, придавливали и протирали тампоном – плоской подушечкой из кожи, набитой конским волосом, соломой или тряпками и снабжённой

В Древнем Египте и странах Междуречья за тысячи лет до нашей эры применялись вырезные печатки, с которых имена царей или жрецов переводили в рельефе на глину. Более того, уже в эти столь древние времена были изобретены небольшие цилиндры, от прокатывания которых получалась надпись.

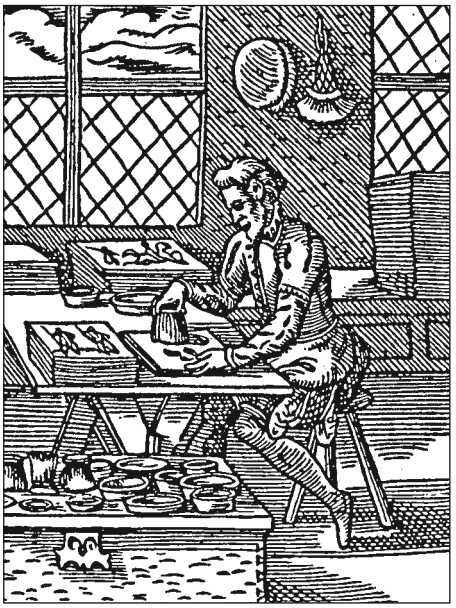
рукояткой. При печатании с помощью тампона нельзя было использовать оборотную сторону бумаги, так как контуры рисунка глубоко вдавливались в неё.

Древнейшей известной печатной книгой считается «Алмазная сутра» – индийское сочинение в китайском переводе. Эта книга имеет форму свитка: 4,9 м длины, 30,5 см ширины – и состоит из 7 листов бумаги, склеенных в ленту: 6 листов текста и гравюра, изображающая Будду. С X в., после создания ксилографического типографского станка, книгопечатание в Китае быстро развивается. В XI–XII вв. оно появляется в Корее, Японии и государствах Средней Азии.

В Западной Европе ксилография появилась около 1400 г. Ксилографическим способом печатали народные картинки (почти исключительно религиозного содержания), а также игральные карты, производство которых было сильно развито в первой половине XV в.

ПОДВИЖНЫЕ ЛИТЕРЫ

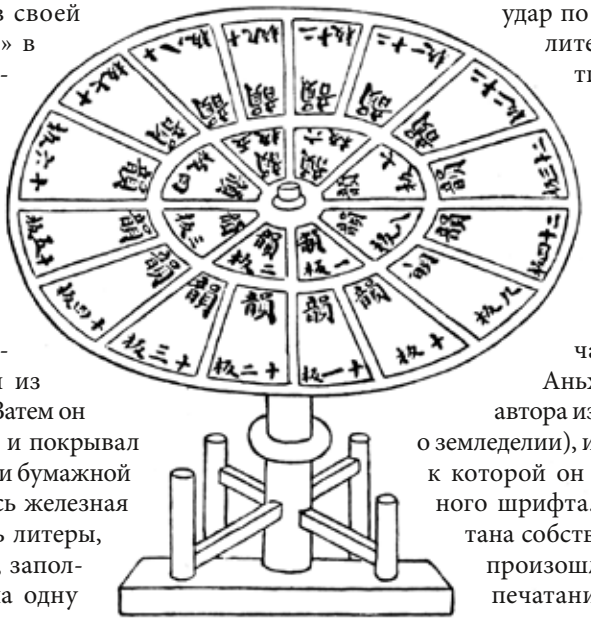
Государственный деятель и учёный-эрудит Китая Шень Ко (1031–1095 гг.) впервые изложил способ печати с



Ксилография в Европе:
слева – ксилографический типографский станок, гравюра из книги Vittorio Zonca «Novo teatro di machine», 1607 г.;
справа – рисовальщик игральных карт

Переход от деревянных литер к металлическим, Корея

помощью наборного шрифта в своей работе «Записки о ручье снов» в 1088 г., приписав данное новшество неизвестному мастеру Би (Пи) Шэну. Шэнь Ко описал технологический процесс производства литер (от лат. littera – буква) из обожжённой глины, процесс печати и изготовление наборных шрифтов.



Литеры с тонкими письменными знаками мастер вырезал из вязкой глины и обжигал на огне. Затем он приготовлял железную дощечку и покрывал её смесью сосновой смолы, воска и бумажной золы. На дощечку накладывалась железная рамка, в которую и помещались литеры, вплотную одна к другой. Рамка, заполненная литерами, образовывала одну печатную доску. Би Шэн помещал её над огнём, чтобы подогреть и смягчить клейкий состав, после чего он брал совершенно гладкую доску, накладывал её на дощечку с набором и нажимал, чтобы выровнять поверхность литер. По окончании печатания литеры на железной дощечке опять держались над огнём, чтобы смягчить клейкую массу; после чего мастер наносил рукой профессиональный удар по оборотной стороне дощечки и литеры выпадали из рамки практически чистыми и не были запачканы клеем. Это позволяло использовать литеры по нескольку раз.

Китайская типография с вращающимися наборными кассами, ок. 1300 г.

Для удобства набора позднее были разработаны специальные круглые наборные столы. Это изобретение связывают с именем начальника уезда Цзиндэ (пров. Аньхой) Ван Чжэня (1260–1330 гг.) – автора известной книги «Нун шу» (Книга о земледелии), изданной в 1314 г., в приложении к которой он привёл обзор истории наборного шрифта. В дальнейшем была разработана собственно словолитная техника. Это произошло в Корее, где техника книгопечатания была развита даже больше, чем в Китае. По инициативе короля Хтаи Тьёна в 1403 г. были отлиты из бронзы 100 тыс. литер шрифта. До 1516 г. были созданы ещё девять наборов литер; два из них были отлиты в 1420 и 1434 г. Сохранилось много книг, напечатанных металлическими литерами в Корее в XV в. Затем печатание медными литерами проникло из Кореи в Китай (конец XV в.) и в Японию (1596 г.).

ИОГАНН ГУТТЕНБЕРГ

Сотни исследований посвящены жизни и деятельности Иоганна Гуттенберга и выпущенным им изданиям. Поэтому мы ограничимся лишь предельно лаконичным изложением основных биографических сведений, остановившись подробнее на сущности его изобретения.

Точная дата рождения Йоханна Генсфляйша цур Ладена цум Гуттенберга (нем. Johannes Gensfl eisch zur Laden zum Gutenberg) неизвестна. Называют самые разные годы – от 1394 до 1406. Юбилей же принято отмечать на рубеже столетий, например, шестисотлетие праздновали в 2000 г. Будущий изобретатель родился в городе Майнце в богатой семье. Имя своё он получил по названию дома – Zum Gutenberg, которым издавна владели его предки (со стороны матери).

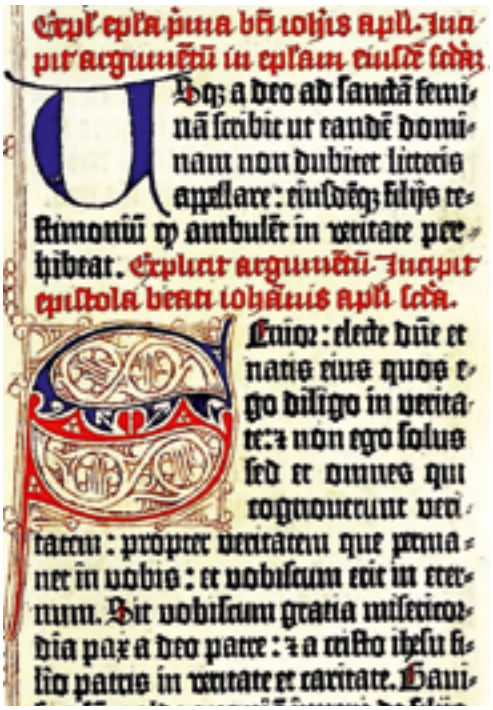
О детстве и юношеских годах, воспитании и образовании Гуттенберга ничего не известно. Полагают, что ещё в молодом возрасте он освоил технику различных работ по металлу: резьбу печатей и штемпелей для чеканки монет, а также ювелирное искусство. Недавно была выдвинута гипотеза о том, что в 1418–1420 гг. Иоганн Гуттенберг слушал лекции в Эрфуртском университете. По некоторым сведениям, в

Изобретатель книгопечатания Иоганн Гуттенберг, гравюра XVII в. (прижизненных портретов Гуттенберга не существует; все его изображения, включая это, относятся к более позднему времени и являются плодом фантазии художников)

Эрфурте могла жить семья Гуттенберга, изгнанная из Майнца в 1411 г.

В 1430–1444 гг. Гуттенберг жил в Страсбурге, где занимался разнообразным ремеслом: изготовлял золотые изделия и зеркала, шлифовал драгоценные камни. Видимо, там он и предпринял первые опыты книгопечатания. Некоторые исследователи предполагают, что в 1445–1446 гг. Гуттенберг побывал во Франции – в Авиньоне. Архивные документы рассказывают о неких опытах «искусственного письма», которые здесь проводил выходец из Чехии Прокоп Вальдфогель.

В 1447 г. изобретатель возвращается в Майнц. В Майнце была основана типография, в которой первоначально печатались небольшие издания – календари, учебники латинской грамматики, индульгенции. Ни на одном из первопечатных изданий имени мастера не обнаружено. Поэтому учёные высказывают разные мнения об авторстве этих изданий. Но все исследователи единодушно приписывают Иоганну Гуттенбергу прекрасно напечатанную латинскую Библию, которую называют 42-строчной – по числу строк на полосе. Это замечательное издание, сохранившееся в 49 экземплярах и многих фрагментах, тщательно изучено исследователями –



42-строчная Библия Гуттенберга и её факсимильное переиздание

Печатный станок конструкции Гуттенберга

инкунабуловедами (инкунабулы от лат. incunabula – раннее детство, первые шаги – книги, относящиеся к начальной поре книгопечатания, до 1501 г.) и неоднократно факсимильно переиздавалось.

Два экземпляра 42-строчной Библии, вывезенных в послевоенные годы из Германии, в настоящее время находятся в Москве – в Российской государственной библиотеке и в Научной библиотеке Московского государственного университета.

Гуттенбергом были осуществлены технически самые ответственные изобретения, на которых основано книгопечатание: словолитный прибор, типографский сплав – гарт, пресс для печатного станка и разработаны основные технологические процессы

Чтобы напечатать Библию, Иоганн Гуттенберг занял у богатого горожанина Майнца Иоганна Фуста 1600 гульденов, которые не сумел вовремя отдать. Состоялся судебный процесс, описанный в так называемом Хельмаспергеровском нотариальном акте, составленном 6 ноября 1455 г. Решение суда в нём изложено конспективно и допускает различные толкования. Некоторые исследователи утверждают, что Фуст отобрал у Гуттенберга типографию и весь тираж 42-строчной Библии. После процесса в Майнце начинает работать типография, из которой 15 августа 1457 г. выходит крупноформатная книга «Псалтырь». В которой помещены выходные сведения. Издателями названы Иоганн Фуст и ученик Гуттенберга Петер Шеффер.

Изобретатель книгопечатания, судя по всему, сохранил за собой сравнительно небольшую полиграфическую мастерскую. Возможно, в 1458–1460 гг. здесь была напечатана 36-строчная Библия, которую некоторые исследователи приписывают работавшему в городе Бамберге типографу Альбрехту Пфистеру. Библия эта сохранилась всего в 13 экземплярах.

Последним изданием Иоганна Гуттенберга был «Католикон» – латинская грамматика и толковый словарь, составленные И. Бальбусом. В этом издании есть колофон (от греч. kolophon – завершение – в рукописных и старопечатных книгах текст на последней странице, содержащий название книги, сведения о её авторе, месте переписи или печати и др.), в котором указана дата печатания – 1460 г. Но имя типографа и здесь не названо.

Жизнь Иоганна Гуттенберга прошла в неустанных трудах и хлопотах. Лишь в последние годы он получил возможность жить, не заботясь о хлебе насущном. Архиепископ Адольф Нассауский, признавая несомненные заслуги

«Гуттенберг рассматривает лист первой печатной книги»

Гуттенберга перед церковью, пожаловал ему придворный чин и пожизненную пенсию. В 1913 г. на страницах одной из старопечатных книг была найдена запись о смерти Иоганна Гуттенберга с указанием точной даты – 3 февраля 1468 г.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Гуттенбергом были осуществлены технически самые ответственные изобретения, на которых основано книгопечатание: словолитный прибор, типографский сплав – гарт, пресс для печатного станка и разработаны основные технологические процессы:

- словолитный процесс – изготовление литер в большом количестве;
- наборный процесс – изготовление печатной формы, составляемой из отдельных литер;
- печатный процесс – множественное изготовление красочных оттисков.

Чтобы воплотить в жизнь данные процессы, необходимо было предварительно решить ряд инженерных и технологических проблем. Таким образом, изобретение немецкого мастера было комплексным, оно вобрало в себя несколько новаторских решений. Отдельные части полиграфического процесса были известны и до Гуттенберга, но это ни в коей мере не умаляет заслуг великого немца.

СЛОВОЛИТНЫЙ ПРИБОР: СТАЛЬНОЙ ПУАНСОН, МЕДНАЯ МАТРИЦА

Первым этапом на пути изобретателя было гравирование рельефного выпуклого и зеркального изображения шрифтового знака на торце металлического бруска с прямоугольным сечением. В качестве материала для такого бруска в XVI столетии стали использовать сталь. В русской технической литературе брусок получил название пуансона (от фр. poincon). Немецкие полиграфисты в этом случае используют термины Schriftstempel или Schriftpragestempelt, а английские – letter punch. При вдавливании пуансона в более мягкую металлическую пластину получается углубленное прямое изображение шрифтового знака. Такая металлическая пластина теперь называется матрицей (нем. – Matrize, фр. – matrice, англ. – matrix). Матрица служит в качестве формы для отливки типографских литер. Очевидно, что с помощью одного пуансона можно выдавить большое количество одинаковых матриц, а с одной и той же матрицы – отлить множество одинаковых литер.

Матрица, пуансон

Данная технология была известна задолго до времен Гуттенберга и прошла многовековую апробацию в мо-

Процесс подготовки текста (сверху) и печатный пресс (снизу) Гуттенберга. Подготовка текста (слева направо): гравировка пуансона, подготовка матрицы, отливка литер в ящике с подвижными стенками, набор текста с помощью наборного ящика

нетном производстве, где издавна применялись металлические штемпеля. Для изготовления матриц был необходим металл, который бы, с одной стороны, легко поддавался тиснению, а с другой – не размягчался при заливке в него расплавленного металла, из которого изготовлялись типографские литеры. Таким металлом издавна служила медь, именно из меди выполнены старейшие сохранившиеся до наших дней матрицы (их относят к началу XVI в.). Эти матрицы хранятся в музее фирмы «Иоганн Энсхеде и сыновья» в голландском городе Харлеме. Матрицы изготовлены с помощью пуансонов, которые выгравировал мастер Хенрик Питерзон из Роттердама.

Литеры

Производство типографского шрифта было очень трудоёмким, ведь делать пуансоны и матрицы приходилось для очень большого количества знаков, во много раз превышающего число знаков латинского алфавита. Изобретатель изготовлял каждый алфавитный знак во множестве вариантов. Его целью было как можно точнее имитировать рукописные тексты, чтобы печатная книга походила на рукопись. При этом количество пуансонов, а значит, и матриц приближалось к тысяче.

Два измерения литеры должны были быть одинаковы не только для всех экземпляров одной и той же буквы, но и для всех, без малейшего исключения, знаков одного шрифта. Гравёр пуансонов воспроизводит изумительные по точности стилистического замысла (и по размерам) рисунки букв; но ему пришлось бы, сверх того, обеспечивать идеальное совпадение как роста, так и кегля. Кегль (от нем. kegel) – размер высоты буквы или знака, включая нижние и верхние выносные элементы. При ручном наборе кегль измеряли через высоту литерной площадки, на которой расположена буква или знак. Кегль измеряется в типографских пунктах. Именно значение кегля в типографских пунктах называют размером шрифта применительно к современным текстовым редакторам. Работа гравёра была исключительно трудоёмкой, но, по-существу, малоэффективной по конечному результату. Необходима была особая раз-

Нижний (слева) и верхний (справа) монетные штемпеля. XVI в. Закалённая сталь с содержанием углерода 0,7…0,75 % масс.

Литеры, набранные в строку. Современная реконструкция литер Гуттенберга

Первым этапом на пути изобретателя было гравирование рельефного выпуклого и зеркального изображения шрифтового знака на торце металлического бруска с прямоугольным сечением. В качестве материала для такого бруска в XVI столетии стали использовать сталь.

борная литейная форма с подвижными стенками. Таким образом, именно словолитная форма, по сути, является ядром изобретения. Без этого ключевого приспособления для множественного воспроизведения литер книгопечатание не стало бы относительно дешевым и мощным средством распространения информации.

Подвижная стенка позволяла при разной ширине литер одного кегля обеспечивать их одинаковую высоту, а рост литеры (т.е. длина её ножки), одинаковый не только для данного кегля, но и для всех шрифтов, автоматически обеспечивался размерами самого прибора.

ТИПОГРАФСКИЙ СПЛАВ – ГАРТ

Какой же металл или сплав использовал Иоганн Гуттенберг для отливки литер? Многие исследователи полагают, что это был сплав, состоявший из 70 % масс. свинца, 25 % масс. олова и 5 % масс. сурьмы (примерно такой же состав имеет современный типографский сплав – гарт (от нем. Hartblei – твёрдый свинец)). Однако, скорее всего, Гуттенберг отливал шрифт из чистого олова.

Самое раннее известное нам упоминание о типографском металле относится к 1474 г. В одной из книг Иоганна Цайнера – типографа, работавшего в городе Ульме, – сказано, что она отпечатана с помощью stagnis characteribus, т.е. оловянных литер. В описи 1499 г. севильской типографии Мейнгарда Унгута упомянуто «150 фунтов олова для литья литер». На московском Печатном дворе шрифт отливали из чистого олова вплоть до XVII в.

Старейшие типографские литеры, сохранившиеся до наших дней, были найдены в 1878 г. в Сьоне (Франция).

Словолитня. Гравюра Йоста Аммана

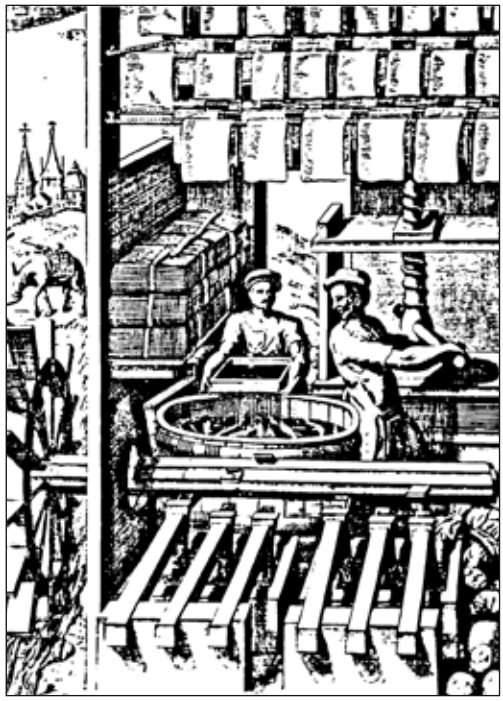
Получение оттиска на печатном станке

Они были отлиты около 1479 г., а сейчас хранятся в Парижской Национальной библиотеке. Однако химический анализ литер не проводился.

Первое техническое описание процесса отливки литер, а также сведения о составе типографского сплава имеются в труде итальянского инженера Ванноччо Бирингуччо «Пиротехния», изданном в 1540 г. в Венеции. О процессе тиснения матриц Бирингуччо пишет: «Буквы выдавливаются в куске меди с помощью стального штампа». Словолитную форму он описывает следующими словами: «Точно обработанный словолитный инструмент изготовляют из бронзы или из латуни. Он состоит из двух частей, подогнанных друг к другу таким образом, чтобы получить нужную высоту и ширину шрифта. Внутри форма сделана таким образом, чтобы в неё можно было вставлять матрицу». Бирингуччо сообщает и о составе типографского сплава: «3/4 высококачественного олова, 1/8 свинца и 1/8 сурьмы». В стихотворении Ганса Сакса, датированном 1580 г., речь идет о типографском сплаве, включавшем олово, свинец и висмут.

Расплавленная сурьма (а также висмут и галлий) в отличие от других металлов при затвердевании увеличивает свой объём. Поэтому при отливке шрифта типографский сплав, содержащий сурьму, застывая в литейной матрице, расширяется, благодаря чему плотно ее заполняет, и, следовательно, очень точно воспроизводит зеркальное изображение буквы, цифры или какого-либо иного знака, который затем, при печати, должен быть перенесён на бумагу. Помимо этого, сурьма придаёт типографскому сплаву твёрдость и износостойкость – весьма важные свойства, если учесть, что каждая литера выполняет свои функции десятки тысяч раз.

Задумываясь над тем, как механизировать операцию получения печатного оттиска, Гуттенберг в качестве первоосновы мог использовать уже существовавшие к тому времени механизмы для создания давления между двумя горизонтальными плоскостями.



Бумагоделательное производство: бумагоделательная машина (работает от вертикального подливного колеса; кулачки, установленные на валу, поднимают молоты, которые при падении совершают удар по тряпью в процессе приготовления пульпы; остальные операции производятся вручную: пульпа переливается в чан, процеживается через сито, бумажная масса помещается под пресс для формовки листов; полученные листы бумаги развешивают и просушивают), гравюра из книги Г.А. Боклера «Theatrum machinarum novum», 1662 г.

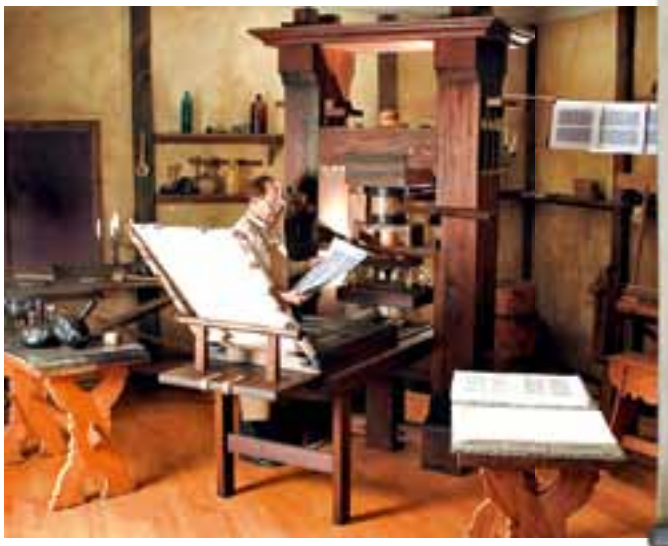
Пуансоны и матрицы, словолитная форма и состав типографского сплава, конструктивные и технологические приёмы создания которых были найдены в XV в., в течение многих десятилетий принципиально не изменялись. Они служили человечеству не менее 400 лет – до тех пор, пока в середине XIX в. в практику полиграфического производства не вошли шрифтолитейные машины.

ПЕЧАТНЫЙ ПРЕСС

Какая же задача стояла перед Гуттенбергом, когда он собирался механизировать печатный процесс? Чтобы получить оттиск с наборной формы, её следует покрыть краской. Далее нужно аккуратно наложить чи-

стый лист бумаги на набор. Затем лист необходимо плотно и, что особенно важно, равномерно прижать к форме. И, наконец, нужно снять готовый оттиск с набора. Судя по всему, большинство операций Гуттенберг осуществлял вручную, а механизировано было лишь получение оттиска, происходившее под большим давлением.

По подсчетам специалистов, давление пресса при печати 42-строчной Библии, главного издания Гуттенберга, должно было составлять четыре с половиной тонны. Печатный станок Иоганна Гуттенберга позволял достигать этой величины, сравнительно несильно нажимая на рычаг, приводящий во вращение нажимной винт. Это было большим достижением, ибо значительно сокращало время рабочего процесса и снижало его трудоёмкость.



Интерьер типографской мастерской,
Музей истории печати Крэнделла, шт. Юта, США

Задумываясь над тем, как механизировать операцию получения печатного оттиска, Гутенберг в качестве первоосновы мог использовать уже существовавшие к тому времени механизмы для создания давления между двумя горизонтальными плоскостями. Первый из таких механизмов – пресс, который применялся в виноделии. Виноград укладывали на столе со стоком, под которым ставили бочку. По бокам стола были расположены две массивные вертикальные балки, в пазах которых была подвижно установлена горизонтальная доска. Давление создавалось с помощью винтового шпинделя, ходившего в гайке, закрепленной в горизонтальной перекладине между двумя вертикальными балками. Шпиндель вращался с помощью прикрепленного к нему колеса, которое приводилось в движение веревкой, наматываемой на ворот.

Аналогичную конструкцию имел пресс для обжимки влажных стоп бумаги в бумагоделательном производстве. Стопу помещали на горизонтальную перекладину, закреплённую между вертикальными балками. Прижим осуществлялся подвижной горизонтальной доской, приводимой в движение нажимным винтом. Винт вращался рычагом, вставленным в отверстие в буксе. Винт можно было фиксировать в определенном положении с помощью храпового механизма.

Ни в виноделии, ни в бумагоделательном производстве не ставилась задача обеспечить механический подъём нажимной доски после прессования. Строго параллельного расположения доски по отношению к поверхности стола в этих случаях также не требовалось. Решить эти задачи предстояло Иоганну Гуттенбергу при сооружении типографского станка.

Строгую параллельность горизонтальных плоскостей вряд ли можно было обеспечить техническими средствами XV столетия. Европейский изобретатель книгопечатания решил пойти по другому пути. Равномерность натиска по всей поверхности печатной формы он обеспечил с помощью мягкого материала – ткани или пергамента, – помещённого между нажимной плитой и листом бумаги, лежащим на смазанной краской форме. Материал как бы скрадывал «непараллельность» плоскостей и их неровности. Такой материал впоследствии получил название декеля.

ТИПОГРАФСКАЯ КРАСКА

Состав краски стал одним из компонентов изобретения Иоганна Гуттенберга. Он не мог применять краску, которая использовалась при печатании гравюр – на металлическую поверхность краска ложилась не так, как на деревянную.

Первые печатники делали краску из сажи, смешивая её с льняным маслом – олифой. Важную роль играли всевозможные добавки. Об этом стало известно сравнительно недавно – в 1980-х гг. – в результате исследований, проведённых междисциплинарной исследовательской группой Калифорнийского университета в Дэвисе (США). В 1982–1986 гг. комплексно изучались старопечатные издания, вышедшие в Майнце и Бамберге. Среди них была и 42-строчная Библия.

Слева – ручной типографский станок. Гравюра из книги Vittorio Zonca «Novo teatro di machine». 1607 г.

Нанесение краски на наборную форму с подготовленным текстом

Конструкция ручного типографского стана, разработанная Иоганном Гуттенбергом, была весьма рациональна и практична. Поэтому она без принципиальных изменений служила человечеству достаточно долго – почти 400 лет. Надо сказать, что издания Иоганна Гуттенберга, и прежде всего 42-строчная Библия, поражают сегодня иссиня-черными, немного поблёскивающими текстовыми полосами, которые кажутся отпечатанными лишь вчера. Среди присадок к основным составляющим типографской краски Иоганна Гуттенберга были обнаружены медь, сера и свинец. Металлические компоненты весьма характерны именно для материала, который использовался изобретателем книгопечатания. В каком виде и каким образом эти компоненты добавлялись в краску и делалось ли это сознательно, пока остаётся тайной. Но, по мнению исследователей Калифорнийского университета, именно свинец стал причиной непривычного блеска текстовых полос изданий Гуттенберга.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КНИГОПЕЧАТАНИЯ

Современники по достоинству оценили значение и перспективы нового способа издания литературы. Уже в 1474 г. Вернер Ролевинк в своей хронике писал: «Замечательное искусство книгопечатания было изобретено в Майнце. Это искусство искусств, наука наук. Его чрезвычайная продуктивность позволила вызволить из мрака сокровища знаний и мудрости, чтобы обогатить и просветить мир».

Книгопечатание распространилось с поразительной для того времени быстротой по странам Западной и Восточной Европы, а в дальнейшем и по всему миру. За первые 25 лет после изобретения Гуттенберга книгопечатание проникло в Италию, Голландию, Чехословакию, Швейцарию, Францию.

В 1494 г. в Венеции была создана типография Альда Мануция (1447/49–1515 гг.), просуществовавшая почти столетие и имевшая огромное значение для развития издательского дела. Два замечательных нововведения в области книжной техники делают имя Альда Мануция бессмертным: первое – создание нового типа шрифтов (курсив), второе – введение стандартного формата книг. Благодаря курсивному шрифту, мелкому и убористому, удалось обширные тексты уместить в книгах небольшого формата и этим значительно удешевить их. В результате Альд Мануций стал практически первым типографом, сумевшим поставить производство книги на коммерческую основу. Немаловажное значение для сбыта продукции имел выбор текстов – Мануций в основном издавал вошедшие в моду труды античных авторов.

Знаменательно, что в типографии Мануция некоторое время работал Георгий Агрикола. В своей знаменитой книге «О металлах» он так описывает получение типографского сплава: «Если путём сплавления определённая порция сурьмы прибавляется к олову, получается сплав, из которого изготовляется шрифт, применяемый теми, кто печатает книги».

ИЛЛЮСТРАЦИИ

Искусство иллюстрации в странах Западной Европы достигло расцвета к концу XVI в. В течение первой половины века безраздельно господствовала гравюра на дереве; во второй половине XVI в. начинает распространяться

гравюра на меди, более дорогая по стоимости, потому что она требует печатания иллюстраций отдельно от текста, но зато более богатая по изобразительным возможностям.

Гравюра на меди представляет собой способ глубокой печати, при котором линии рисунка углубляются в металле. Это углубление линий в плоскости медной доски можно произвести либо механическим способом – процарапыванием острым стальным инструментом, либо химическим способом – протравливанием медной доски азотной кислотой, либо сочетанием обоих методов.

Когда применяют травление, то медную доску покрывают лаком, поверхность коптят (чтобы лучше видеть штрихи, проведённые иглой по лаку) и рисунок процарапывают на лаке линиями и точками разной глубины и толщины. Затем к доске приделывают бортики из воска и заливают её кислотой; кислота разъедает медь в тех местах, где поверхность доски не защищена лаком. Когда травление закончено, восковые бортики удаляют, остатки лака смывают, и на доске остаётся протравленный рисунок; обычно художник дополнительно подправляет его штихелем или иглой. Чтобы отпечатать гравюру с готовой медной доски, надо покрыть её краской таким образом, чтобы она заполнила углублённые линии, затем стереть лишнюю краску с поверхности доски. Печатают с медной доски на особом станке, применяя сильное давление, необходимое для того, чтобы краска из углублений перешла на бумагу. ❊

Из издания Bilder Saals, 1695 г. (опубликована в журнале «Life»)

Типографии XVI в.

Старейшее изображение типографии на гравюре «Танец смерти», Лион, Франция, 1499 г.

Глава 6

Белая жесть – инновационный материал эпохи Возрождения

Мы в важные очень не лезем,
Но всё же нам счастье дано.
Дворы у нас крыты железом,
У каждого сад и гумно.
Сергей Есенин. Анна Снегина

В XIV В. В СВЯЗИ С ОСВОЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ производства «пушечной» бронзы резко возрос спрос на олово. В течение почти ста лет, с середины XIV до середины XV в., олово играло роль едва ли не самого важного стратегического металла. Как всегда бывает в таких случаях, передовые технологии внедрялись в военном и смежных производствах. В результате в эпоху Возрождения произошёл стремительный прорыв в технологии добычи и обработки оловянной руды – касситерита. Были изобретены и освоены технологии мокрого дробления рудной породы и обогащения мелкодисперсного рудного шлама в специальных устройствах – шлемграбенах, разработана конструкция печи для плавки оловянной руды с постоянным одновременным выпуском продуктов плавки (металла и шлака) и улавливанием насыщенной оловом мелкодисперсной пыли. Последовавшее затем освоение технологии производства артиллерийских орудий из чугуна позволило использовать олово для получения белой жести – самого «инновационного» материала эпохи Возрождения. Рассмотрим передовые для средневековья способы обогащения и подготовки оловянной руды к плавке, производство металла в печах оригинальной конструкции и технологию нанесения на самый престижный кровельный материал эпохи самого эффективного защитного покрытия.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Современные технологии извлечения подавляющего числа металлов связаны с переработкой огромного количество материалов. Для того чтобы получить несколько десятков граммов редкого цветного металла приходится переработать не только тонну руды, но и еще сотни килограммов попутных материалов – шламов, шлаков, пыли, которые образуются на различных стадиях производства. Кажется, что на это способны только мощные современные машины и агрегаты, но в действительности принципы практически всех технологий производственного рециклинга (повторного использования попутных материалов) были внедрены в эпоху средневековья. В данном очерке мы подробно описываем такую технологию, в которой борьба шла за каждый грамм драгоценного продукта, хотя им являлось отнюдь не золото.

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

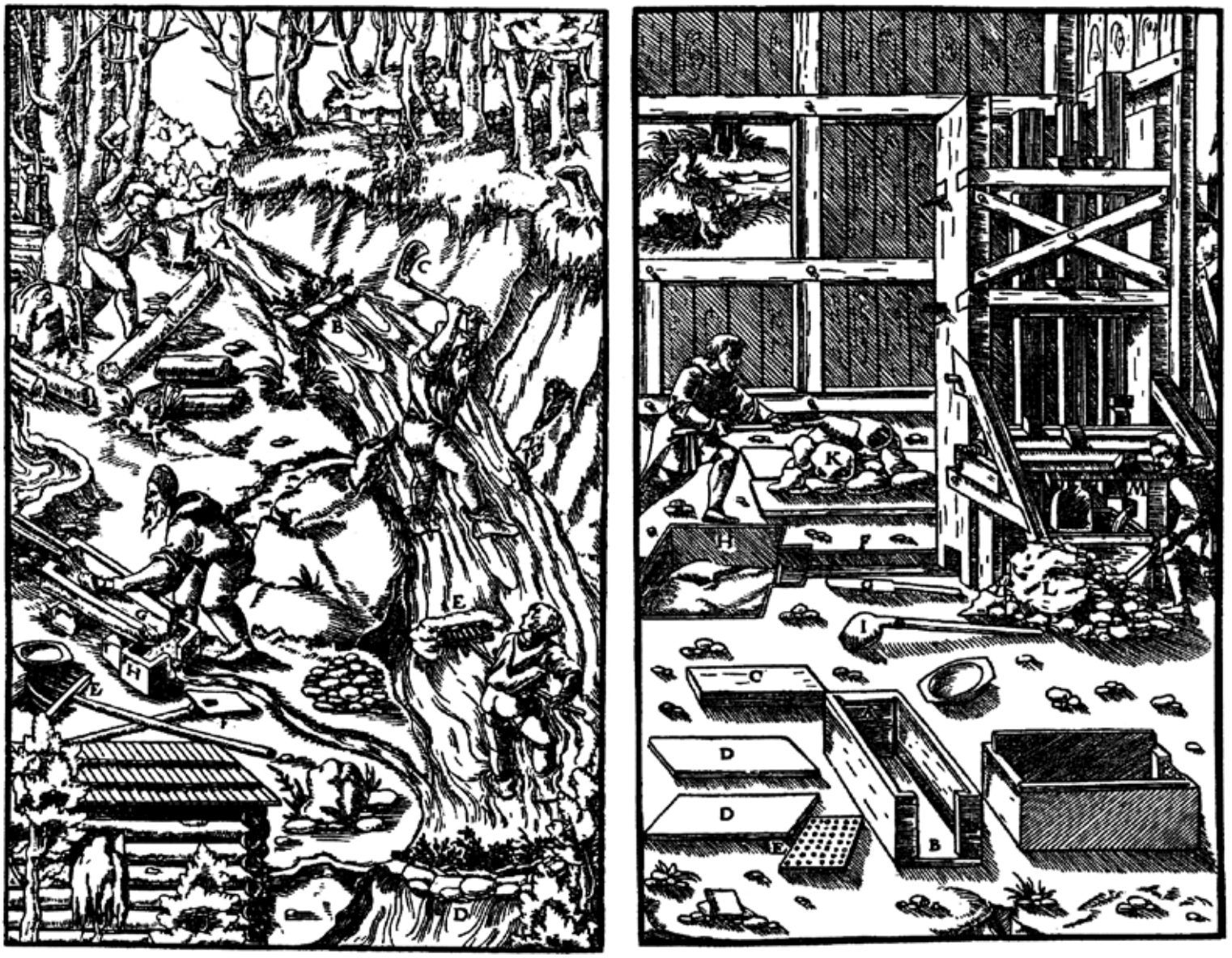
Более чем тысячелетняя эпоха средневековья (VI–XVI вв.), с точки зрения металлурга-технолога, является основополагающим этапом формирования индустриальной цивилизации, когда были созданы основы современной чёрной и цветной металлургии. При всём многообразии современных способов добычи, извлечения и обработки металлов все они базируются на фундаменте, заложенном средневековыми металлургами. Одним из примеров успешных изысканий мастеров того времени является технология нанесения на металлическое изделие защитного покрытия, предохраняющего его от коррозии. Речь идёт, прежде всего, о процессе лужения, т.е. нанесения на железный или стальной предмет тонкого слоя олова.

Необходимо отдать дань уважения и металлургам Древнего мира: с явлением коррозии металлов человек столкнулся сразу же после того, как научился производить металлические изделия, и первые попытки защиты медных предметов от окисления, по-видимому, относятся к эпохе раннего железного века. Известно, что кельты, этруски, иберы, греки натирали медные сосуды оловом, а римляне применяли и горячее лужение, погружая медную посуду в оловянный расплав. Однако в связи с редкостью месторождений олова и несовершенством технологии упомянутые способы лужения в Древнем мире широкого распространения не получили. В раннем средневековье лужение также было мало распространено, поскольку олово применялось главным образом для изготовления бронзы, игравшей роль главного декоративного металла.

ДОБЫЧА И ПОДГОТОВКА ОЛОВЯННОЙ РУДЫ

Подробное описание структуры месторождений олова, способов добычи оловянных руд и металлургии олова содержится в труде Георгия Агриколы «12 книг о металлах». В Европе олово распространено в виде россыпных месторождений, сосредоточенных главным образом вдоль берегов рек, протекавших в горных районах средневековых Австрии, Саксонии, Чехии, Моравии, Швейцарии. Поэтому оловянная руда добывалась методом промывки грунта, содержащего частицы касситерита, причем, как правило, очень мелкие. «Оловосодержащие отложения по большей части отрываются от горных жил и прожилков и далеко разносятся силой вод. Иногда эти отложения образуют целые пласты, – пишет Агрикола. – Россыпи залегают обычно неглубоко под покровом земли, но иногда — так глубоко, что для их разработки приходится даже проводить штольни и шахтные стволы». Разрабатывались эти россыпи «при помощи кайл с широкими лезвиями, другие – остроконечными кирками, имеющими форму утиного носа».

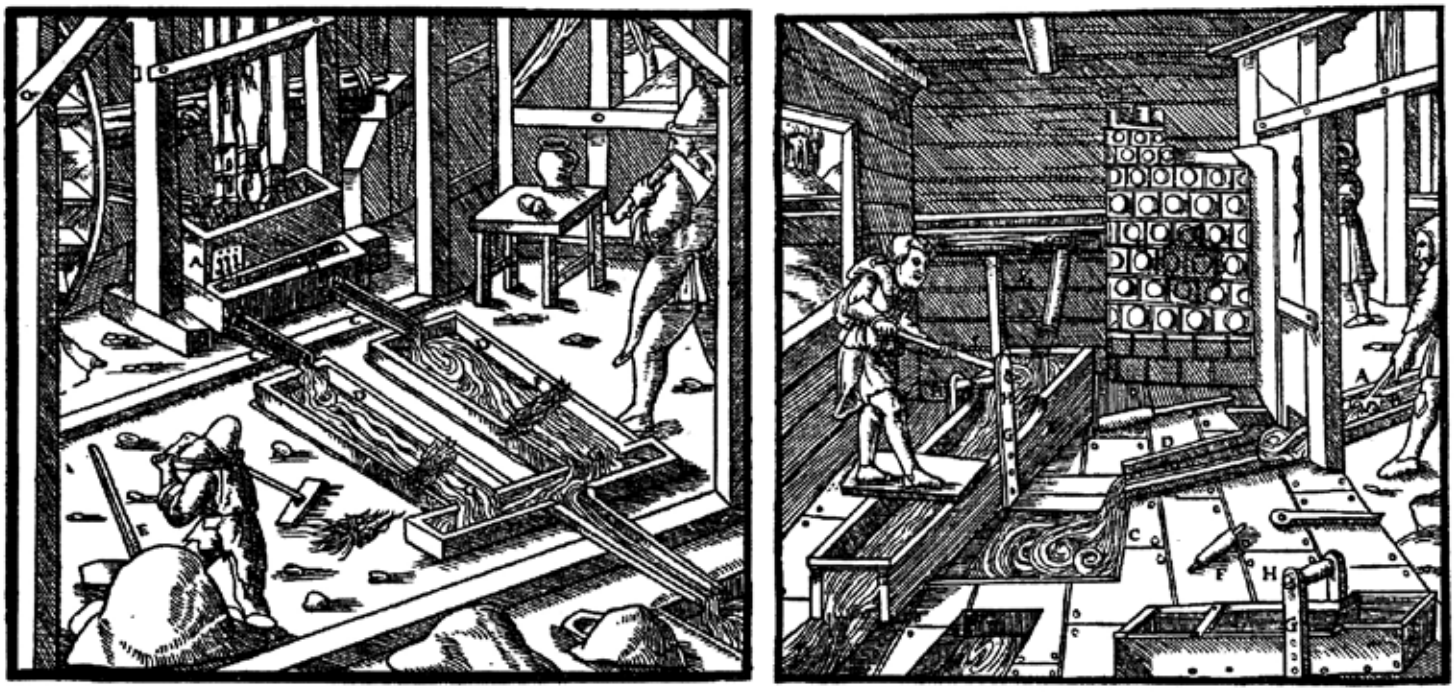
Первая стадия обогащения оловянной руды, как правило – при условии наличия необходимых ресурсов воды и удобного рельефа местности, осуществлялась непосредственно на месте обнаруженной россыпи. Рудокопы устраивали специальные длинные, покатые канавы с уступами из камней и дёрна, получившие название грабенов (нем. Graben, буквально – ров). Затем в канавы направлялся поток воды из близлежащей речки или ручья. Сами рудокопы, стоя в рудном потоке в специальных сапогах, откалывали широкими кайлами или кирками («утиными носами») рудные отложения вместе с землёй и растительным покровом, состоящим из дёрна, мха,



Добыча и подготовка оловянной руды:
а – промывка руды в грабене (A – ручей; B – грабен; C – кайло; D – дернина;
E – грабли; F – железная лопатка; G – малый бак;
H – другой бак, подставленный под ним; I – деревянная лопатка);
б – оборудование промывного става (A – толчейный ящик;
B – открытая сторона толчейного ящика; C – камень; D – толчейная плита;
E – плита; F – жёлоб; G – деревянная лопатка; H – резервуар;
I – железная лопатка; K – груда раздробленной руды;
L – руда, предназначенная к толчению; M – желобок)

корней растений и т.п. и бросали их в воду. Тяжёлые частицы касситерита и песка оседали на дне грабена, а более лёгкие частицы грунта и растения уносились быстрым водным потоком.

Процесс промывки оловянной руды был чрезвычайно трудоёмким и длительным. Вот как описывал его Агрикола: «Промывальщики, обутые в высокие сапоги из дублёной кожи, стоят в грабене и выбрасывают из него деревянными граблями о семи зубьях корни деревьев, кустарников и трав, а оловянные крупины отгоняют назад, к головной части грабена. После долгих неустанных трудов и стараний в течение примерно четырёх недель они достают из грабена оловянные крупины. Сме-



Промывной став:
A – жёлоб, ведущий к плите;
B – поперечный жёлоб;
C – желобок;
D – большой жёлоб;
E – лопатка;
F – вязанка еловых ветвей;
G – дощечки, закрывающие жёлоб;
H – другой поперечный жёлоб

шанный с ними песок, поднятый из грабена железными лопатами, они ворочают в воде туда и сюда до тех пор, пока песок от них не отстанет и не упадёт обратно в грабен и не останутся одни лишь оловянные крупины. Все собранные оловянные крупины снова промывают в небольшом баке, помешивая их, поднимая их наверх и ворочая их деревянной лопаткой, чтобы отделить от них оставшийся мелкий песок. Они (промывальщики) неустанно возобновляют эту работу до тех пор, пока вся россыпь не будет разработана или пока можно будет направлять воду в канавы, проведённые для её промывки».

«ПРОМЫВНЫЕ СТАВЫ»

Первая стадия промывки оловянной руды в грабене позволяла эффективно отделить от рудной породы только относительно крупные частицы – так называемый рудный орех. Для «вскрытия» породы и извлечения более мелких частиц необходимо было растолочь получившийся «рудный песок». Для толчения оловянного песка было разработано специальное «…устройство, которое толчёт пестами с железными головками мокрую руду. Мокрой рудой мы называем руду, увлажнённую водой, стекающей в толчейный ящик».

Песты, дробившие рудную породу, приводились в движение с помощью водяных колес, а сами толчеи устраивались в комплексе со специально оборудованными «промывными ставами». После того как оловянный песок дробился в толчее, его смывали потоком воды в промывные желоба. «Этих больших желобов имеется два. В то время как промывальщик опорожняет один из них, руда оседает в другом. В верхней части жёлоба оседают более значительные оловянные крупинки. Часто помешивая лопаткой крупины средней величины и шлам, смешанный с мелкими крупинами, заставляют его течь дальше. Крупинки средней величины оседают в средней части желоба, где задерживаются вязанкой еловых ветвей. Шлам с водой оседает между вязанкой еловых ветвей и дощечкой, запирающей жёлоб, т.е. в самой нижней его части. Из жёлоба отдельно извлекают более значительные оловянные крупинки, отдельно средние и отдельно шлам». Таким образом, в промывных ставах осуществляли классификацию, т.е. разделение по крупности, раздробленной руды – выделяли три фракции: «орех», «крупу» (шлих) и шлам.

«Шлам, смешанный с очень мелкими крупинками (в современной терминологии – «сточные воды»), который не осел ни в большом чане, ни в поперечном жёлобе, …стекает с водой в ручей или в речку и оседает на их дне. Для того чтобы не упустить возможности добыть ещё некоторое количество крупинок руды, многие делают здесь ряд сооружений … По обе стороны каждой такой запруды выкапывают канаву глубиной 5–6, а то и 7 футов и, если это допускает местность, длиной свыше 60 футов. Когда осенью или зимой ручей или река затопляют прилегающую местность, творила в запрудах за-

Промывка шлама:
A – речка;
B – запруда;
C – творило;
D – грабен;
E – луг;
F – изгородь;
G – канава

творяют, вследствие чего напор воды сносит шлам, смешанный с оловянной крупой, в канаву. Весной же и летом этот шлам снова промывается … Благодаря этому собирают даже самую мелкую оловянную крупу».

ПЛАНЕНГЕРДЫ И ШЛЕМГРАБЕНЫ

Следующая стадия обогащения оловянной руды, на которой перерабатывались «оловянная крупа» и шлам, также производилась в специальных устройствах. В XVI в. применялись, по классификации Агриколы, шесть стандартных способов промывки металлических руд: «либо в простом желобе, либо в желобе, разгороженном дощечками, либо в ёмком баке, либо на коротком герде, либо на планенгерде, либо в частом сите». Однако особенности россыпных оловянных руд – наличие большого количества мельчайших частиц – потребовали разработки новой конструкции обогатительного агрегата. Он получил название «шлемграбен». Вот что писал об этом изобретении Агрикола: «…способ промывки в шлемграбенах придумали впервые в оловянных рудниках. Затем его стали применять на серебряных и других рудниках, ибо он надежнее, чем промывка даже в частых ситах. …Наряду со шлемграбеном употребляют обычно и планенгерд. Ныне по большей части соединяют два шлемграбена, сделанные одинаковым образом».

Работа на паре шлемграбенов производилась следующим образом: «Мальчик накидывает из кучи лопатой рудную мелочь на верхние края обоих шлемграбенов.

При них находятся двое промывальщиков. Из них один усаживается по правую сторону одного шлемграбена, другой – по левую сторону второго. Каждый из них пользуется следующими приспособлениями. В подшипниках лежней обоих желобов и гладкой штанги, закрепленной в железном полукольце на балке строения, вращается гребок, снабжённый рукоятью. Промывальщик одной рукой всё время двигает рукоять приспособления, вследствие чего гребок взбалтывает в верхней части шлемграбена рудную мелочь и оловянные крупины, смешанные со шламом, которые стекают в жёлоб. В другой руке промывальщик держит ещё один гребок, которым он также непрестанно ворочает рудную мелочь, осевшую в верхней части желоба. Шлам, смешавшийся с водой, вытекает в поперечный жёлоб и из него в на-

Шлемграбен:
A – верхний поперечный жёлоб;
B – желоба;
C – верхние края шлемграбенов;
D – шлемграбены;
E – нижний поперечный жёлоб;
F – резервуар;
G – подшипник в лежне;
H – полукольцо, вправленное в балку;
I – штанга;
K – гребок;
L – другой, маленький гребок

Планенгерд (а) и его очистка (б):
а: A – бревна;
B – холстина;
C – верх герда;
D – жёлоб; E – бак;
F – гребок; G – кади

б: Очистка планенгерда (справа).
A – герд;
B – рабочий, льющий воду на холстины;
C – ковш;
D – другой ковш;
E – рабочий, извлекающий частицы руды или оловянные крупины из желоба.

ружный резервуар». Но и такой, особенно интенсивной по меркам эпохи, промывки руды оказывалось недостаточно. Наступала очередь следующего обогатительного агрегата – планенгерда.

Планенгерд представлял собой агрегат для фильтрования рудного шлама с целью улавливания мельчайших частиц руды. По свидетельству Агриколы, «…герд выстилается шестью натянутыми холстинами, которые прижаты рейками. Первая из них занимает нижнее место, на неё накладывается другая таким образом, чтобы она её несколько перекрывала, подобным же образом накладывается третья на вторую и т.д. Ибо, если бы они располагались в обратном порядке, стекающая вода вгоняла бы рудную мелочь или оловянные крупины под холстины, и весь труд промывания руды пропадал бы даром. После того как холстины разостланы описанным образом, …накладывают рудную мелочь или оловянные крупины, смешанные со шламом, на верхнюю часть герда, открывают маленький желобок и пускают в него воду. Затем взбалтывают гребками рудную мелочь или крупины, пока поток воды их не сносит на холстины. Этими же гребками многократно легонько проводят по холстинам, пока шлам не выливается в бак или поперечный желоб.

…После того как никакого шлама не осталось на холстинах… поднимают один из лежней так, что весь герд опирается на другой лежень, и льют на холстины воду, которую черпают ковшами из небольшого чана. Все то, что пристало к холстинам, попадает в подставленный жёлоб. В середину этого жёлоба вставляют дощечку, чтобы более крупные оловянные крупины оставались в той его верхней части, в которой они осели, а более мелкие частицы и крупины оседали в нижней части. Извлеченные из жёлоба более крупные частицы руды снова перемывают в шлемграбене, а более мелкие частицы – на планенгерде». Промывка руды в шлемграбенах и планенгердах производилась многократно, иногда осуществляли до семи циклов обработки рудного шлама.

ОБЖИГ И ПЛАВКА РУДЫ

Добытая с таким трудом оловянная руда подвергалась отжигу в специальных печах для удаления вредных примесей железа и свинца, которые часто присутствовали в россыпях касситерита в виде сульфидных включений. Оловянные руды с большим количеством примесей железа и свинца приобретают характерный синеватый оттенок, за что и получили у металлургов средневековой Европы название «синие руды». В процессе отжига частицы оловянной руды, всё ещё содержавшие большое количество легкоплавкой пустой породы, спекались. Полученный спёк дробили и ещё раз осуществляли цикл обогащения для выделения богатого оловом концентрата.

Печь для отжига оловянной руды (слева) и печь для плавки чернового олова (справа): печь A; B – выпускное отверстие; C – передний горн; D – его выпускное отверстие; E – шлак; F – изогнутый лом; G – нижний горн; H – стенки дымохода; I – метла; K – медный лист; L – решетка из олова; M – железное клеймо; N – молоток

Подготовленная к плавке руда перерабатывалась в металл в два этапа. Сначала выплавлялось черновое олово. Для этого устраивалась печь особой конструкции, высокая и узкая, с осадительной камерой для улавливания оловянной пыли и возгонов. Горн печи изготовлялся из плит твёрдого песчаника, причём поду придавался небольшой уклон, чтобы выплавляемый металл мог естественным путём стекать через выпускное отверстие в передний горн.

Внутреннее пространство печи представляло собой четырёхугольную усечённую пирамиду с малым основанием внизу. Высота печи достигала трёх метров, а размеры внутреннего сечения составляли около 0,6 х 0,4 м вверху и 0,4 х 0,2 м внизу. Над печью устраивались две сводчатые стены, формировавшие осадительную камеру. Стены осадительной камеры и дымоходов покрывались медными листами для облегчения осаждения олова из возгонов. Отходящие газы покидали печь через узкие отверстия или трубы в крыше.

Загружали в печь смесь оловянной руды и древесного угля в пропорции 1:1 по объёму. При этом уголь предварительно тщательно промывался в бочке для очистки от гравия, земли и других примесей, которые могли в ходе плавки забивать выпускное отверстие и загрязнять металл. Огромное значение имел режим подачи дутья: «Так как сильное пламя плавильщикам не нужно, то нет необходимости вводить насадки мехов в бронзовые или железные трубы; достаточно вставить их в отверстие в стене печи. Чтобы пламя было не слишком сильным, насадки делают широкими; при слишком сильном пламени олово будет не выплавляться, а поглощаться огнём и превращаться в золу».

Интенсивность подачи дутья определялась еще и размером проплавляемых фракций руды: «Если плавильщик недостаточно опытен и плавит одновременно оловянные камни разных размеров: крупные, средние и очень мелкие, то значительная часть олова может потеряться. Происходит это потому, что пока расплавятся крупные или средние камни, мелкие или сгорают в печи, или, вылетая из неё, не только осаждаются на стенах, но и подают в пылеосадительную камеру. Поэтому опытный плавильщик ведет плавку раздельно… При ведении плавки

мелкой руды применяется слабое дутьё мехов, средней – дутьё умеренной силы, а крупной – наиболее сильное дутьё. Прилежный и опытный плавильщик имеет наготове мётлы, которыми он обметает стены над печью».

Не менее важно было умело отделить расплавленное олово от шлака, непрерывно вытекающего из печи вместе с металлом. Нахождение расплава металла внутри печи даже самое короткое время приводило к большим потерям олова вследствие угара, поэтому конструкция печи должна была способствовать свободному удалению продуктов плавки из агрегата. Для разделения металла и шлака применялся передний горн, снабжённый канавой для отвода шлака. Агрикола описывал его следующим образом: «С одной стороны переднего горна делается низкая стенка, на которую кладётся измельчённый древесный уголь. С другой стороны горна имеется уклон для стекания шлаков. Как только олово начинает течь через выпускное отверстие, плавильщик сбрасывает на передний горн со стенки некоторое количество измельчённого древесного угля, благодаря чему происходит отделение шлаков от расплавленного металла, а сам металл закрывается так, чтобы даже малейшая часть его не могла улетучиться с дымом. Плавильщик периодически открывал ломом выпускное отверстие переднего горна для того, чтобы олово стекло в тигель, а затем вновь закрывал его чистой или смешанной с измельчённым древесным углем глиной».

Чтобы олово не застывало, тигель заполняли раскалёнными углями. Чистый металл разливали на толстые медные плиты. Однако обычно металл был настолько загрязнен примесями, что его нельзя употребить в дело. Тогда из него формировали ковриги (чушки) для переплавки в рафинировочной печи.

Плавка продолжалась 3–4 дня, после чего печь вскрывали со стороны мехов. Из печи и осадительной камеры извлекали оловянные настыли и мелкие оловянные шарики из швов футеровки. Впоследствии эти материалы вместе с рудой снова загружали в плавильную печь. В переработку шли и шлаки, и огнеупорная футеровка печи: «Собранные шлаки железной лопатой загружают в небольшое корыто, выдолбленное из древесного ствола, и очищают от угля. После этого их дробят прямоугольным железным молотом и переплавляют со следующей партией мелкой оловянной руды. Иногда шлаки трижды дробят в мокрой толчее и столько же раз их переплавляют. В мокрой толчее дробят также глину, которой футеруются печи, а также настыли, в которых часто содержатся нерасплавленные мелкие куски оловянной руды или расплавленные только наполовину и, кроме того, шарики из олова».

Чушки чернового олова переплавляли в горнах, построенных из песчаника и обмазанных глиной. В горн помещали сухие поленья попеременно в «стоячем» и «лежачем» положении, на которые укладывали чушки чернового олова общей массой до 600 кг. После воспламенения поленьев расплавленный металл стекал в тигель, причём чистое олово, не загрязнённое примесями (главным образом, железом, свинцом и медью), скапливалось в верхней части тигля. Чистое олово разливалось мастером в прутки на тонких медных листах, а загрязненное вновь поступало на переплавку.

Печь для рафинирования чернового олова:
A – горн;
B – передний горн;
C – дрова;
D – ковриги;
E – черпак (ковш);
F – медный лист;
G – прутки;
H – железные клейма;
I – деревянный молоток;
K – чушка олова;
L – лопата

ПРОИЗВОДСТВО ЖЕСТИ

Для получения так называемой белой жести требовалось высококачественное листовое железо. Производство листового железа считалось одним из самых сложных и трудоёмких процессов средневековой кузнечной технологии. Технологический процесс получения листового железа состоял в следующем. Крица разрубалась на части, после чего каждый её кусок в нагретом состоянии проковывали под механическим молотом с водяным приводом в полосы. Их, в свою очередь, помещали в «калильный горн» и в горячем виде проковывали в листы, которые нагревали и проковывали вновь во второй и третий раз. Полученные листы сгибались вдвое, смачивались особым раствором, представляющим собой суспензию тонкоизмельченной глины в воде, после чего их собирали в пакет и помещали в горн. Пакет в горячем состоянии подвергали обработке под большим листобойным «гладильным» молотом.

Основными конструктивными элементами рычажного механического молота были чугунная наковальня, установленная на массивном фундаменте, прочное деревянное молотовище, представляющее собой рычаг, качающийся на оси при действии на него кулаков вала гидравлического колеса. По роду рычага и по тому, на какую его точку действовали кулаки, молоты строили трёх основных типов: лобовые, среднебойные и хвостовые (заднебойные).

Головы молотов, масса которых достигала 400 кг, изготовлялись из железа. Деревянные молотовища нередко имели длину более 4 м. Молотовище, оснащенное железным «пятником», вставлялось в железные же «подпятники», врубленные в «стоячие» дубовые брусья, что позволяло рычагу качаться при передаче движения от кулаков вододействующего вала. Молоты были оснащены «отбоем», предназначенным для увеличения частоты ударов молота. Отбой не позволял молоту описывать при подъеме полный полукруг. Он представлял собой большое бревно, прикрепленное к вертикальным дубовым стойкам.

Особое внимание уделялось выделке железных голов молотов. К ним предъявлялись очень высокие требования на соответствие заданным размерам и геометрической форме, механической прочности металла. Рабочие поверхности молотов должны были изготовляться гладкими и ровными. Наковальни массой до тонны отливались из высококачественного чугуна.

Нагрев и проковка жести под гладильным молотом продолжались до тех пор, пока листы не приобретали заданную толщину. Затем их обрезали специальными ножницами и выпрямляли под молотом. Только лучшие, специально отобранные кованые листы лудили оловом, а остальные шли в продажу в качестве рядового кровельного материала.

ЛУЖЕНИЕ

Процесс получения белой жести был не менее сложен и трудоёмок, чем производство олова и листового железа. Из белой жести изготовляли украшения, посуду для хранения пищевых продуктов, предметы интерьера. Только очень обеспеченные люди могли позволить себе приобретать белую жесть для использования в качестве кровельного материала.

Принято считать, что впервые в промышленном масштабе процесс лужения был организован в австрийской провинции Пфальтц. Технология процесса и применяемые материалы держались в строжайшем секрете, что позволило длительное время сохранять монополию на производство одного из самых престижных материалов позднего средневековья.

Для удобства лужения листы черновой жести изготовлялись почти квадратными – около метра по длине и ширине при толщине не более двух миллиметров. Их называли «картами», или «карточками» (название сохранилось до настоящего времени). Поверхность черновых листов предварительно вручную очищалась от окалины с помощью так называемого мыльного камня. На этой трудоёмкой и очень ответственной операции работали женщины, причем одновременно могли быть задействованы до 40 работниц. Очищенные железные листы подвергали травлению в бочках с раствором молочной кислоты, полученным в результате брожения ржаной муки.

Процесс травления был громоздким и сложным. Он проходил в несколько стадий в бочках с растворами разных концентраций. Сначала листы на сутки помещали в старый «ржаной» раствор, затем сутки выдерживали в свежем растворе и, наконец, ещё сутки – в очень старом растворе, в котором ржаная закваска находилась до двух недель. Для ускорения травления бочки обогревали. После травления листы очищали песком до блеска (эту операцию, как правило, выполняли женщины) и до лужения держали в баках с водой. Подготовленные листы подвергали осмотру и сортировке, а затем лужению в ваннах.

Для лужения применяли три ванны, в которые последовательно специальными клещами опускали рамы с жестяными листами. Объём лудильной ванны составлял около кубометра. В каждой ванне содержалось 600–700 кг жидкого олова. Обычно в расплавленный металл добавляли одну часть меди на 70 частей олова (большее количество меди уменьшало блеск покрытия). Под ваннами для поддержания олова в расплавленном состоянии устраивали топки для сжигания древесного угля. В расплав опускали карты с черновыми листами (до 20 листов одновременно). Затем быстро выхватывали листы клещами и опускали в чаны с холодной водой. Эта операция проводилась для удаления лишнего олова с поверхности листов.

Между операциями лужения поверхность жестяных листов покрывали салом. Способ его приготовления являлся важной секретной частью технологии. Сало сначала сильно охлаждали, а затем быстро разогревали. В результате такой обработки оно надёжно предохраняло олово от окисления и контакта с влагой. Лужёные листы полировали паклей, смесью опилок, мела и отрубей до зеркального блеска (причем и эту операцию выполняли работницы), после чего упаковывали в бочки (в рулонах) или ящики. Наиболее известными центрами производства белой жести были города Амберг, Вундизель и Нюрнберг.

Больше 300 лет Австрия и Германия сохраняли монополию на производство белой жести, пока секрет её изготовления в 1665 г. не смог выкрасть будущий основоположник английской политической экономии Эндрю Яррантон. Таким образом, промышленный процесс горячего лужения методом погружения жести в оловянный расплав известен не менее шести столетий. Принципиально он почти не изменился со времени его создания. Ванна с расплавом олова и баки с салом, а затем с жиром, пальмовым или хлопковым маслом постепенно «обрастали» механизмами и устройствами, что привело в конечном счёте к современным конструкциям лудильных агрегатов. ❋

Глава 7

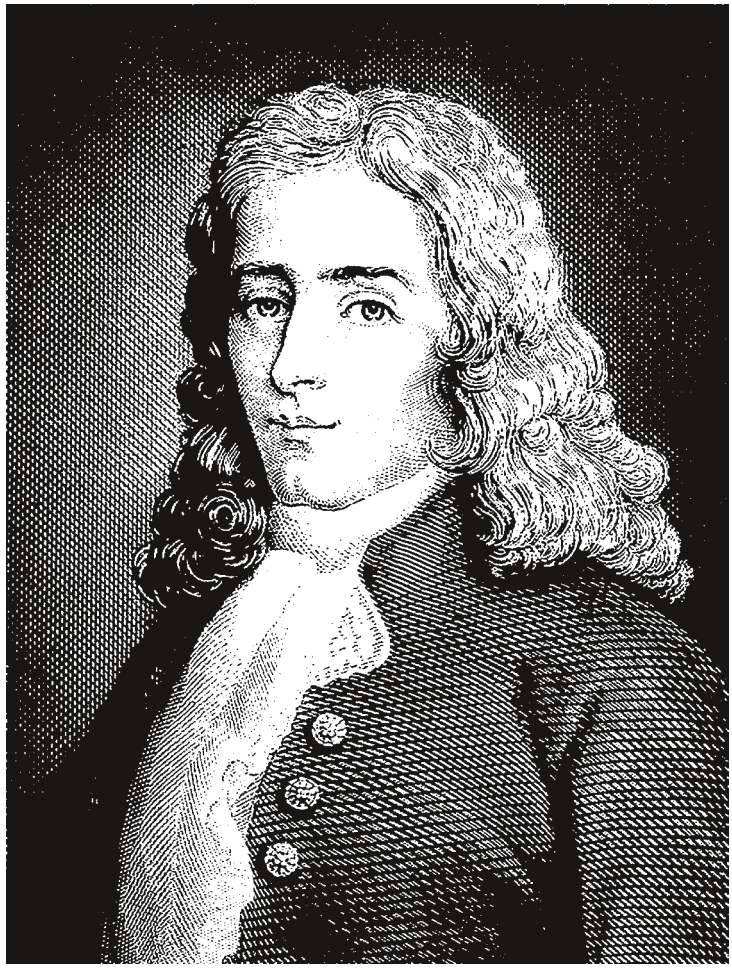
Пионер прикладной науки

Хочется, чтобы открытия служили всем, и жаль, что зачастую они остаются бесполезными. Но есть способ устранить это, который, к несчастью, пока еще мало распространен. Если метод однажды дал хорошие результаты, нужно его применять на практике как можно шире. Будучи многократно повторен, он, кроме прямой пользы, даст нам вдобавок более глубокое знание.
Рене Антуан де Реомюр, «Искусство превращения железа в сталь» (труд 6-й)

Выдающегося французского ученого-естествоиспытателя Рене Антуана де Реомюра, отдавая дань многогранности его таланта и широте взглядов, современники называли Плинием XVIII века и сравнивали с великим философом Фрэнсисом Бэконом. Впрочем, в то время наука была гораздо более однородной, чем сейчас, и многие талантливые ученые занимались исследованиями вообще, а не отдельными научными направлениями, многие из которых только-только начинали зарождаться. И все же научные итоги жизни Реомюра не могут не поражать. На его счету работы по математике, за которые он был избран членом Французской Академии наук, разработка технологии производства французского фарфора, труды и открытия в области зоологии, создание термометрической шкалы и, конечно же, великолепные основополагающие работы в области черной металлургии, о которых ни одним словом не упоминается в краткой статье в Большой Советской Энциклопедии.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Перед молодыми учеными часто встает вопрос: что делать, если результаты их экспериментов идут вразрез с признанной теорией? Заманчиво их не афишировать, спокойно защитить диссертацию на нейтральную тему и найти тихое денежное место в каком-нибудь государственном учреждении. А что будет, если начать отстаивать свою правоту? Путь первооткрывателя, как правило, бывает тернист и непредсказуем. И все же пример Реомюра доказывает, что пробовать стоит, даже если о твоих открытиях забудут написать в одной из энциклопедий.



Рене Антуан де Реомюр в первые годы работы в Академии наук

МОЛОДОЙ МАТЕМАТИК

Рене Антуан Фершо де Реомюр родился 28 февраля 1683 г. в городе Ла-Рошель на атлантическом побережье Франции в дворянской семье. Отец будущего ученого, Рене Фершо, занимавший почетную должность советника в городском суде, умер в 1684 г., когда Рене-Антуану было чуть больше года. Воспитанием молодого Реомюра в основном занимались дядья по материнской линии. Он закончил колледж ордена иезуитов в Пуатье, а затем получил юридическое образование в городе Бурже.

В 1702 г. Реомюр переехал в Париж и в течение трех лет активно изучал математику под руководством некоего Гине, который познакомил его с Пьером Вариньоном – математиком и механиком, членом Академии наук. Знакомство оказалось судьбоносным: Вариньон стал другом и учителем Реомюра. Кроме того, в 1708 г. помог ему попасть в Академию наук на должность «слушателя геометрии» – что-то вроде младшего научного сотрудника, ассистента.

Свой первый доклад на заседании Академии наук Реомюр сделал 19 мая 1708 г. в возрасте 25 лет. Доклад был посвящен обобщению метода построения циссоиды Диоклеса – кривой третьего порядка. В дальнейшем он выступал 4 мая и 4 июня 1709 г. с докладами о разработке теории построения конхоид – кривых четвертого порядка. В своих выкладках молодой Реомюр активно использовал анализ бесконечно малых чисел, что было ново для геометрии того времени, а также ввел понятие «несовершенной развертки». К сожалению, а может быть, к счастью, на этом Реомюр фактически закончил свои работы в области математики. Став активным членом Академии наук, он открыл для себя множество проблем, которые требовали решения и бросали вызов его пытливому уму.

Визит короля Людовика XIV в Академию наук в 1671 г.

ФРАНЦУЗСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Во времена Реомюра Французская Академия наук была признанным центром мировой науки и приближалась к своему пятидесятилетию. Она была основана в правление Людовика XIV, в 1666 г., вскоре после того, как в должность генерального контролера (министра) финансов вступил знаменитый своими реформами Жан Батист Кольбер. Он-то и способствовал развитию Академии, перед которой с самого основания ставилась задача практического применения научных знаний на благо государства. В этой работе с большим энтузиазмом принял участие и Реомюр.

Остановимся немного на структуре Академии наук Франции начала XVIII в. и посмотрим, какими вопросами занимался в ней Реомюр в разные годы. В 1699 г. Людовик XIV ввел регламент Академии наук, оставлявший за ним привилегию вводить в ее состав членов по представлению Академии. Президента

и вице-президента король назначал из числа почетных членов. Всего в состав Академии входили 70 человек:

- 10 почетных членов, которые назначались королем, должны были являться подданными французского монарха, обладать значительными познаниями в области математики и физики;
- 20 пансионеров, которым выплачивался пансион: по три человека на каждую из шести областей знаний (геометрию, астрономию, механику, анатомию, химию, ботанику), а также секретарь и «вечный» казначей. Собственно пансионеры и обеспечивали повседневную работу Академии наук;
- 20 ассоциированных членов: 12 французских подданных (по два на каждую дисциплину) и восемь «вольных» – независимо от специальности, в том числе иностранцы;
- 20 слушателей (адъюнктов), прикрепленных к пансионерам соответствующей специальности. В их обязанности входила подготовка экспериментов и оформление бумаг.

Начиная с 1700 г. из числа 18 пансионеров (т.е. без секретаря и казначея) ежегодно выбирались директор и помощник директора – ответственные должностные лица, замещающие президента и вице-президента в случае их отсутствия. В таком виде, с незначительными изменениями, Академия наук существовала до реформы Лавуазье в 1785 г.

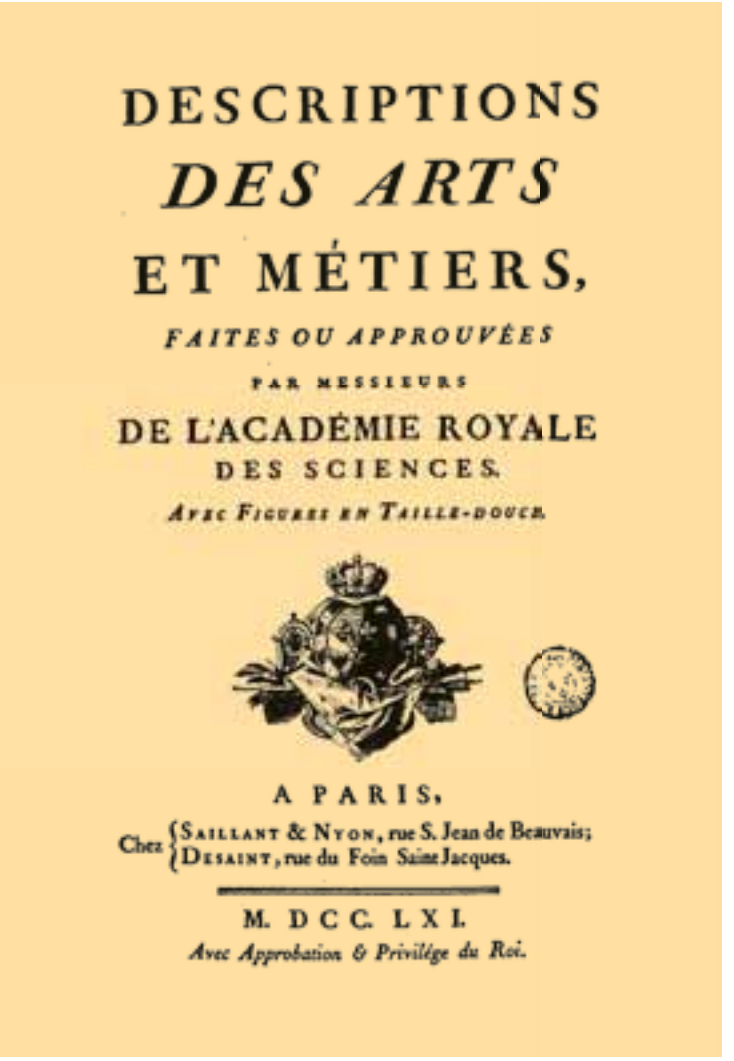
Как уже было отмечено, Реомюр вступил в ряды Академии наук в 1708 г. в возрасте 25 лет на должность слушателя геометрии к пансионеру Пьеру Вариньону. С этого момента он регулярно выступал с докладами и принимал самое активное участие в работе Академии. 14 мая 1711 г. Реомюр занимает освободившееся после смерти Луи Карре место пансионера механики. Исполняя обязанности пансионера, он в разные годы, с 1713 по 1753 г., 10 раз назначался помощником директора и 11 раз – директором.

Сам Реомюр главным делом жизни считал зоологию. В 1715 г. увидела свет его первая работа в этой области. Она была посвящена изучению вещества, придающего блеск рыбьей чешуе. Уже через год была напечатана следующая – о формировании жемчужин в раковинах моллюсков. Впоследствии Реомюр особенно интересовался жизнью общественных насекомых, прежде всего пчел. С 1734 по 1742 г. последовательно были изданы шесть томов его наиболее объемного труда «Естественная история насекомых». Однако исследования Реомюра в области зоологии постоянно прерывались в связи с важнейшей работой, за которую он персонально отвечал в Академии наук.

Во времена Реомюра Французская Академия наук была признанным центром мировой науки и приближалась к своему пятидесятилетию. Она была основана в правление Людовика XIV, в 1666 г., вскоре после того, как в должность генерального контролера (министра) финансов вступил знаменитый своими реформами Жан Батист Кольбер.

«ОПИСАНИЕ ИСКУССТВ И РЕМЕСЕЛ»

В 1715 г. регент Филипп Орлеанский поручил Академии наук подготовить фундаментальный труд «Описание искусств и ремесел». Эта энциклопедия, с проектом которой впервые выступил Кольбер в 1675 г., была уникальна


DESCRIPTIONS
DES ARTS
ET MÉTIERS,
FAITES OU APPROUVÉES
PAR MESSIEURS
DE L'ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES.
Avec Figures en Taille-douce.
A PARIS,
Chez {Saillant & Nyon, rue S. Jean de Beauvais;
{Desaint, rue du Foin Saint Jacques.
M. DCC. LXI.
Avec Approbation & Privilége du Roi.

Титульный лист «Описания искусств и ремесел»

по своим масштабам. В итоге она включала 113 томов (и еще три тома приложений), которые издавались с 1761 по 1788 г. В энциклопедии содержалось полное описание всех существовавших на тот момент во Франции промышленных и кустарных производств. Издание было великолепно иллюстрировано гравюрами известного мастера Жана Эли Бертрана. Редактором энциклопедии по поручению Академии наук и был Реомюр в течение всей своей жизни.

Фундаментальность «Описания» сыграла с ним злую шутку. Дело в том, что в это же время группа передовых французских ученых и общественных деятелей под руководством Дидро и Д'Аламбера готовила к изданию «Энциклопедию, или толковый словарь наук, искусств и ремесел». Помимо описания собственно наук, искусств и ремесел она содержала статьи, отражающие идеи Просвещения. Именно это обеспечило популярность вольнодумной «Энциклопедии», гораздо более широкую, чем официального государственного издания, которым являлось «Описание». Вместе с тем достаточно часто в обоих изданиях в том или ином виде использовались одни и те же материалы, включая гравюры. Это могло быть простым плагиатом; возможно, некоторые авторы сотрудничали с обоими изданиями, но, вероятнее всего, имели место оба факта.

В процессе работы над «Описанием» Реомюром были проведены обширные исследования самых разных ремесел и производств. Он исследовал волочение золотых нитей, производство анкерных скоб и искусственного жемчуга, изготовление булавок и зеркал, обработку кровельного сланца (шифера), золочение кожи, эксплуатацию месторождений железной руды, месторождения, добычу и происхождение бирюзы; сделал даже небольшое минералогическое открытие, доказав, что некоторые камни, принимавшиеся за драгоценные, представляют собой окаменелые зубы ископаемых животных. Эти оценки ремесленного производства Франции, зачастую с предлагаемыми техническими усовершенствованиями, вошли в 18 томов, изданных в период с 1761 по 1782 г.

Филипп Орлеанский

ОСНОВОПОЛОЖНИК НАУЧНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Особняком стоят фундаментальные работы по металлургии, активно поддержанные регентом Филиппом Орлеанским. По этому направлению с 1720 по 1722 г. Реомюром были представлены 12 трудов, объединенных в изданную в 1722 г. книгу «Искусство превращения ковкого железа в сталь и искусство умягчения чугуна». За исследования в области металлургии железа регент назначил Реомюру пенсион в 12 тыс. ливров в год. На эти деньги Реомюр организовал лабораторию в парижском предместье Сент-Антуан, где проводил большую часть исследований.

Эксперименты Реомюра в области металлургии были посвящены главным образом производству стали с применением технологии цементации ковкого железа. Выбор был обусловлен тем, что в рассматриваемую эпоху Франция практически всю высококачественную сталь импортировала из Германии и Англии. Французские производители занимались лишь поверхностным упрочнением – «осталиванием» – готовых железных изделий, номенклатура которых ограничивалась небольшим спектром самых необходимых орудий труда и инструментов.

Для производства высококачественной стали применялся процесс цементации путем науглероживания при высокой температуре ковкого железа в прутках, помещенных с подходящим источником углерода в герметичные ящики. Технология отшлифовывалась практикой и не имела научной основы. У каждого производителя были собственные секреты. Попытки произвести качественную цементованную сталь во Франции окончились неудачей. Реомюр писал: «Королевский двор был удручен в особенности тем, что в последние три-четыре года многие французы и иностранцы в надежде схватить удачу за хвост представ-

лялись владельцами настоящего секрета передела железа в сталь. Однако плодов их труда видно не было… К тем, кто обещал превратить железо Королевства в сталь, относились едва ли не как к искателям философского камня». Таким образом, задача, к решению которой приступил Реомюр, имела большое значение для металлургической промышленности Франции, а также подогревала научный интерес самого исследователя.

ТЕОРИЯ ФЛОГИСТОНА

Следует отметить, что в то время, когда Реомюр приступил к своим экспериментам, научная картина мира существенно отличалась от современной. Углерод, играющий, как ныне общеизвестно, основную роль в процессах превращения железа в сталь, а стали в чугун, был открыт А. Лавуазье только в конце 1780-х гг. Во времена же Реомюра господствовала теория флогистона. Настоящая природа огня также была неизвестна.

Теория флогистона была создана для описания процессов обжига металлов. Основой для нее послужили традиционные (еще алхимические) представления о горении как о разложении тела. Феноменологическая картина обжига металлов была известна: металл превращается в окалину, масса которой больше массы исходного металла (В. Бирингуччо еще в 1540 г. показал, что масса свинца увеличивается после прокаливания); кроме того, при горении выделяются газообразные продукты, природа которых в те времена была неизвестна.

Создателями теории флогистона считаются немецкие химики Иоганн Иоахим Бехер и Георг Эрнст Шталь. Суть теории флогистона, опубликованной в 1703 г., можно представить в следующих основных положениях:

1) существует материальная субстанция, содержащаяся во всех горючих телах, – флогистон (от греч. φλογιστοζ – горючий);

2) горение представляет собой разложение тела с выделением флогистона, который необратимо рассеивается в воздухе. Вихреобразные движения флогистона, выделяющегося из горящего тела, и представляют собой видимый огонь. Извлекать флогистон из воздуха способны лишь растения;

3) флогистон всегда находится в сочетании с другими веществами и не может быть выделен в чистом виде;

4) флогистон обладает отрицательной массой.

Процесс обжига металла в рамках теории флогистона можно отобразить следующим подобием химического уравнения: Металл = Окалина + Флогистон.

Иоганн Иоахим Бехер и Георг Эрнст Шталь

Теория флогистона была создана для описания процессов обжига металлов. Основой для нее послужили традиционные (еще алхимические) представления о горении как о разложении тела.

Для получения металла из окалины (или из руды), согласно теории, можно использовать любое тело, богатое флогистоном (например, древесный или каменный уголь, жир, растительное масло): Окалина + Тело, богатое флогистоном = Металл.

Теория флогистона позволила, в частности, дать приемлемое объяснение процессам выплавки металлов из руды: руда, в которой содержание флогистона мало, нагревается с древесным углем, который очень богат флогистоном; при этом флогистон переходит из угля в руду, и образуются богатый флогистоном металл и бедная флогистоном зола. Таким образом, для производства чугуна требуется добавить флогистон к железной руде. Для получения ковкого железа надо добавить еще большее количество флогистона, а сталь является железом, насыщенным флогистоном. Эта теория со временем была распространена на любые процессы горения. Во второй половине XVIII в. она завоевала в среде химиков практически всеобщее признание.

ЛАБОРАТОРИЯ РЕОМЮРА

Возможно, Реомюр был первым, кто, приступив к решению задачи практической металлургии с позиций ученого, добился успеха и опубликовал полученные результаты, идущие вразрез с общепринятой точкой зрения, для всеобщего ознакомления и использования. Планируя свои исследования, Реомюр разработал оригинальную экспериментальную методику. Он проводил эксперименты, используя идентичные исходные образцы из ковкого железа. Все образцы были вырезаны из одной заготовки. Для их цементации Реомюр спроектировал небольшие печи, позволяющие с высокой точностью регулировать температурные условия процесса.

После серии экспериментов, заключавшихся в нагреве железа до определенной температуры в присутствии инертных веществ, таких как мел, глинозем и др., Реомюр исключил возможность того, что длительный нагрев является достаточным условием превращения железа в сталь. После этого он приступил к систематическому исследованию влияния различных материалов на процесс цементации. Им было изучено влияние множества веществ (соки различных растений, соли, жиры, углерод животного и растительного происхождения, зола и т.д.). По результатам экспериментов, проведенных на первом этапе, Реомюр сделал следующие выводы:

1) сам по себе огонь не превращает железо в сталь;

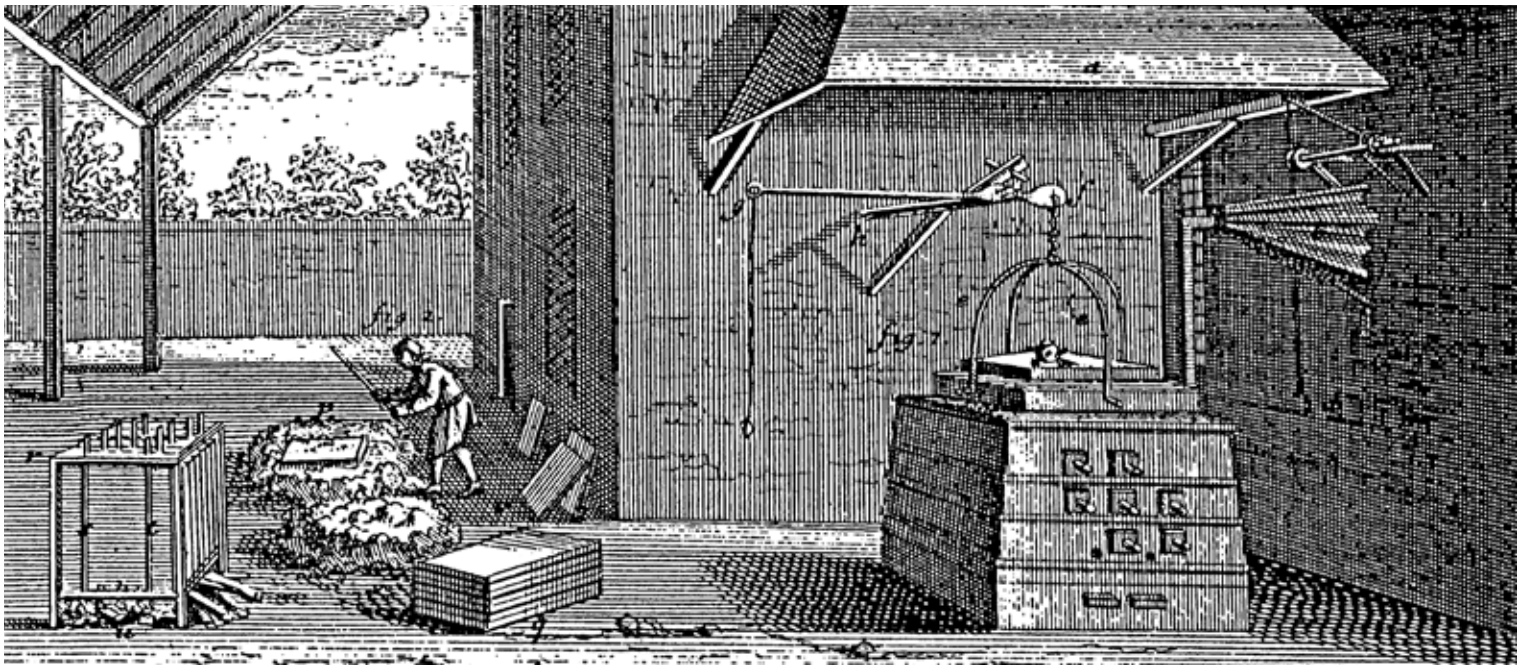
2) превращение происходит только тогда, когда «железо становится мягким», т.е. выше определенной температуры;

3) наиболее эффективными материалами для (науглероживания) являются древесный уголь, сажа и обугленная кожа;

4) некоторые соли повышают эффективность процесса цементации.

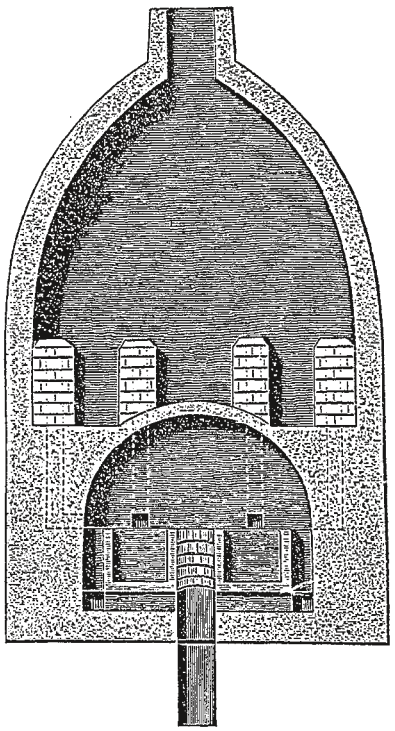
ТЕОРИЯ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗА

Реомюр впервые четко установил тот факт, что превращение железа в сталь происходит постепенно – от поверхностных слоев в глубь металла. Наблюдая за распространением превращения от края образца к его центру, он пришел к мысли, что мелкозернистое железо обладает лучшими свойствами, поскольку содержит больше пустот, через которые могут проникать посторонние вещества. Несмотря на такое вульгарное упрощение, Реомюр, по существу, описал процесс диффузии.



Лаборатория Реомюра с печью для цементации

Затем Реомюр попытался понять, что попадает в железо и делает его сталью. Тщательно взвешивая кусочки железа до и после превращения в сталь, он установил увеличение массы примерно на 0,4 %, опровергнув тем самым господствующие представления об очищении (т.е. об уменьшении массы) стали при цементации. Он предположил, что причиной увеличения массы могут быть сернистые соединения и летучие соли (в то время сернистыми называли все горючие материалы, в том числе углеродсодержащие). Объяснение Реомюра заключалось в том, что огонь, который содержит в себе сернистые материалы, проникает в железо через пустоты, оставляя в



Промышленная печь для цементации

нем некоторые негорючие продукты. Он провел аналогии с сажей, накапливающейся в дымовых трубах, которая «смешана с огнем и, тем не менее, остается весьма горючей».

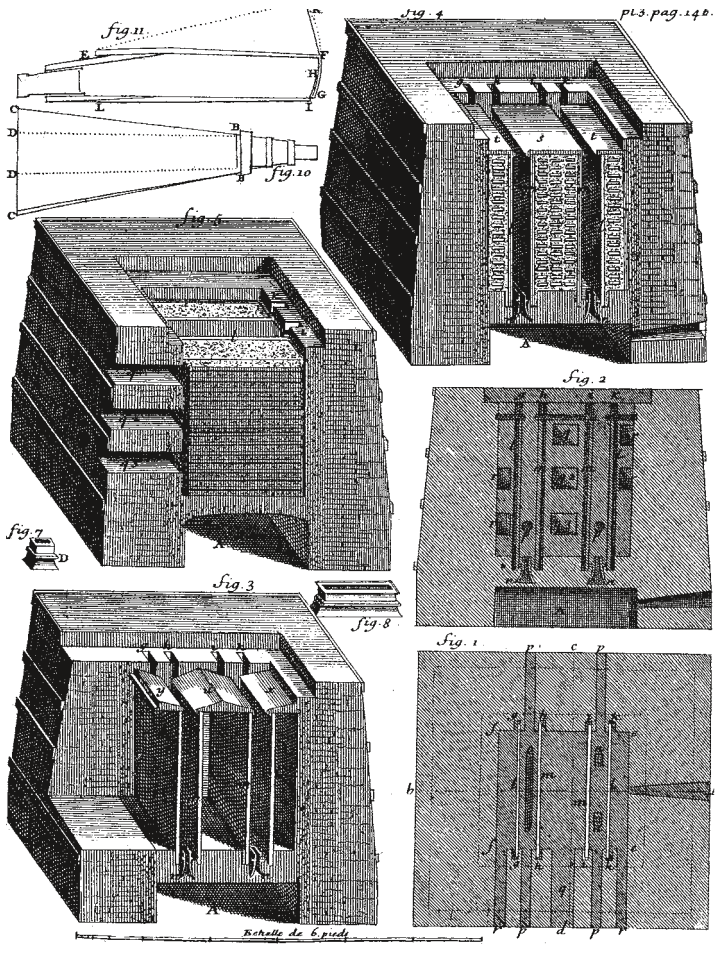
Таким образом, проведя скрупулезные исследования, Реомюр установил, что «…основой [сплавов железа] является чистая железная субстанция, соединенная с большим или меньшим количеством сернисто-солевой материи, причем больше всего ее содержится в чугуне и меньше всего в ковком железе, в стали содержится среднее количество. …Добавляя сернисто-солевую материю в мягкое железо, можно получить сначала сталь, а затем чугун».

Взгляды Реомюра были далеко не сразу оценены и восприняты специалистами и учеными. Потребовалось почти столетие для того, чтобы особая роль углерода в сплавах железа стала очевидной и общепринятой. В одном из популярных учебников по металлургии железа середины XIX в. отмечалось: «Свойства железа в различных его металлических соединениях зависят от многих тел (химических элементов), среди которых углерод играет столь важную роль, что рассматривается отдельно в теории железа; действие же других тел ограничивается только изменением свойств металла, уже охарактеризованного углеродом».

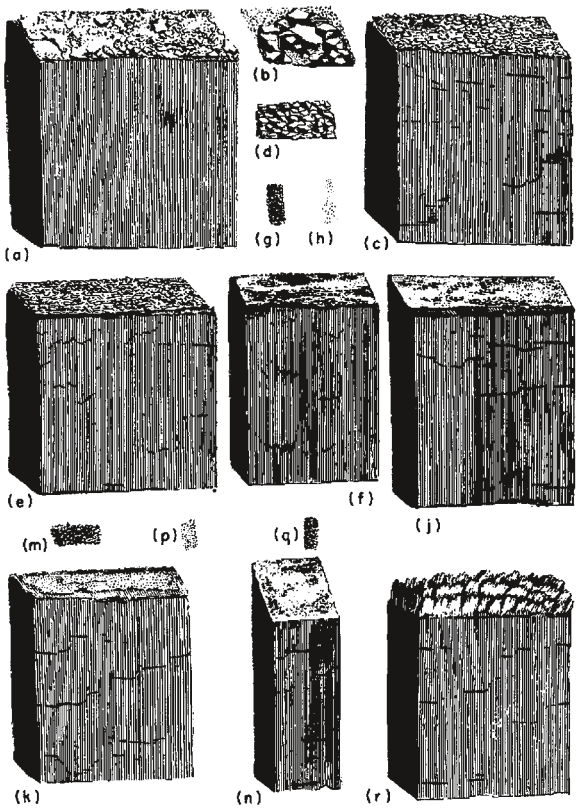
ЦЕМЕНТАЦИЯ СТАЛИ ПО РЕОМЮРУ

Как водится, Реомюр не стал пророком в своем Отечестве – результатами его работ воспользовались соседние страны. На протяжении XVIII в. экономика Франции была преимущественно аграрной. Хозяевами большинства мануфактур были землевладельцы, интересовавшиеся, прежде всего, прибылью. Технические вопросы обычно оставались в руках мастеров, работавших согласно традициям и сопротивляющихся нововведениям. Во Франции проблемы с обеспечением древесным углем, характерные в XVII–XVIII вв. для всех стран Западной Европы, не привели к появлению новых технологий, как в Англии. Напротив, из-за энергетического кризиса оказалось невозможным внедрить процесс цементации, потребляющий большое количество древесного угля. Производство стали и чугунного литья невысокого качества вполне удовлетворяло потребности военного и внутреннего рынка. Экономическая конъюнктура также препятствовала развитию производства цементованной стали, которая применялась для режущих инструментов, ножей и белого (холодного) оружия: процентная ставка по кредитам была высока (вдвое выше, чем в Англии), что ограничивало возможности инвестирования, а курс валюты позволял ввозить импортную сталь относительно дешево. В связи с этим производство высококачественной стали непосредственно во Франции приносило меньший доход, чем продажа рядовых железных изделий.

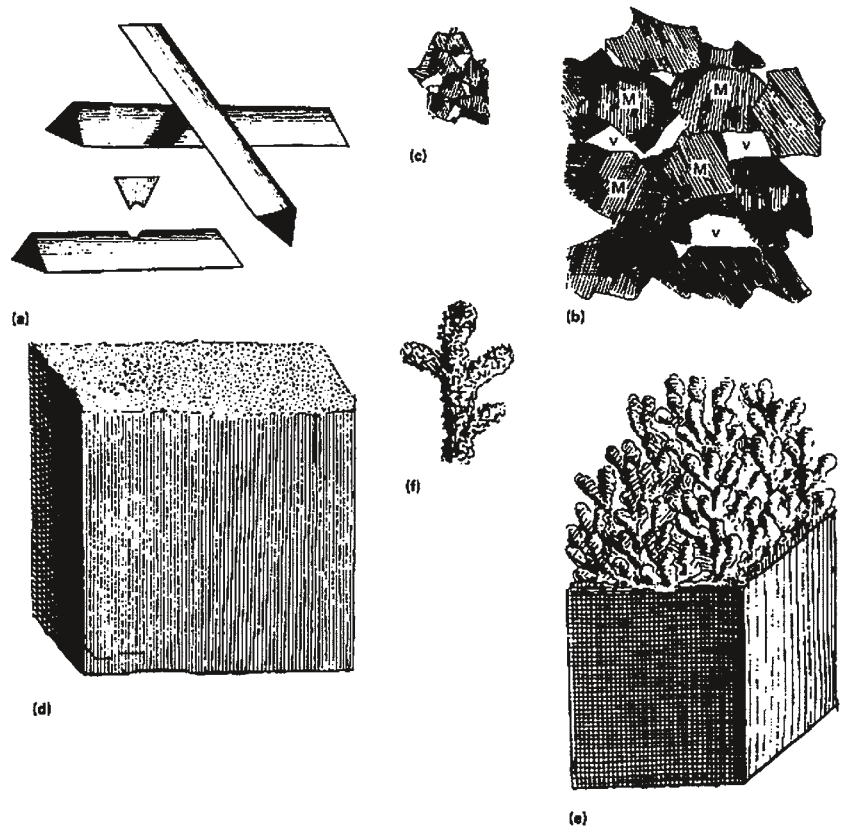
Тем не менее, уже через несколько лет после публикации работ Реомюра производство цементованной стали буквально расцвело в Англии и Швеции. Став всеобщим достоянием, труды Реомюра нарушили монополию отдельных производителей, владевших секретами технологии. В передовые центры производства цементованной стали превратились Ньюкасл и Шеффилд,



лабораторные печи Реомюра



Изломы железа и стали (по Реомюру): детальные виды через увеличительное стекло



Зарисовки элементов микроструктуры металла при большом увеличении (по Реомюру)

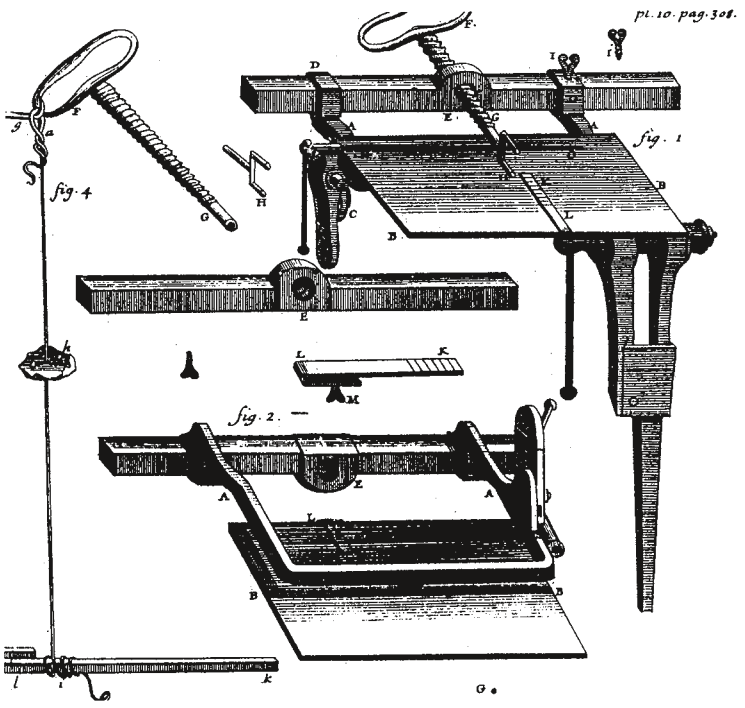
Реомюр впервые четко установил тот факт, что превращение железа в сталь происходит постепенно – от поверхностных слоев в глубь металла. Наблюдая за распространением превращения от края образца к его центру, он пришел к мысли, что мелкозернистое железо обладает лучшими свойствами, поскольку содержит больше пустот, через которые могут проникать посторонние вещества.

причем цементацию осуществляли в печах, спроектированных на основе принципов, сформулированных Реомюром. Железные заготовки в виде длинных тонких брусков прямоугольного сечения помещались в камеры из огнеупорных материалов и плотно засыпались порошком угля. Камеры нагревались снаружи теплом от продуктов сгорания топлива – каменного угля или дров. Загрузка достигала 10 т железа, процесс занимал пять-шесть дней с момента нагрева камеры до необходимой температуры. Производимая таким образом сталь получила название томленой (англ. blister steel – пузырчатая сталь, из-за газовых пузырьков на поверхности металла).

НАЧАЛО МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ

При изучении свойств исходного железа и производимой цементованной стали Реомюр сделал важнейший вывод о взаимосвязи качества железа, стали, чугуна с их внутренней структурой, которую Реомюр оценивал по виду излома. Для исследования изломов Реомюр применял увеличительное стекло и микроскоп. Он изучал «пузырение», пережог, хрупкий излом, древовидный излом, которые и в наше время представляют интерес для металловедов.

Следует отметить, что попытки классификации металлов (в основном цветных) в зависимости от излома предпринимались и до Реомюра, однако они широкого

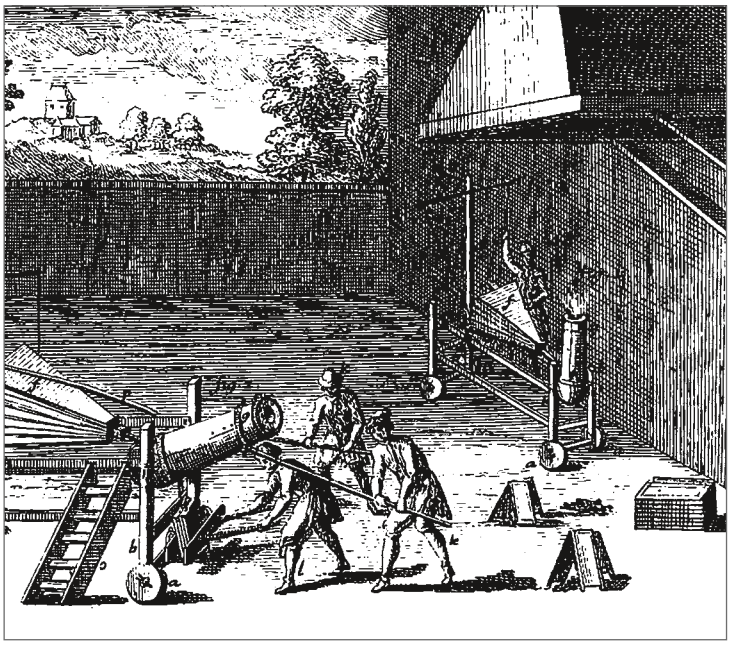


Лабораторная установка для испытания на изгиб

распространения не получили. Реомюр впервые попытался использовать научные методы исследования железных сплавов для создания комплексной, как сказали бы сейчас, оценки их качества. В то время ремесленник имел единственный способ определить качество стали – изготовить из нее инструмент и испытать его. Ученый придерживался революционного мнения о возможности испытания качества небольших образцов, результаты которого корректно было бы переносить на заготовки и готовые изделия.

Проанализировав различия между высоко- и низкокачественной сталью, он пришел к выводу, что для оценки могут быть использованы три характеристики: зернистость, твердость после ковки и пластичность.

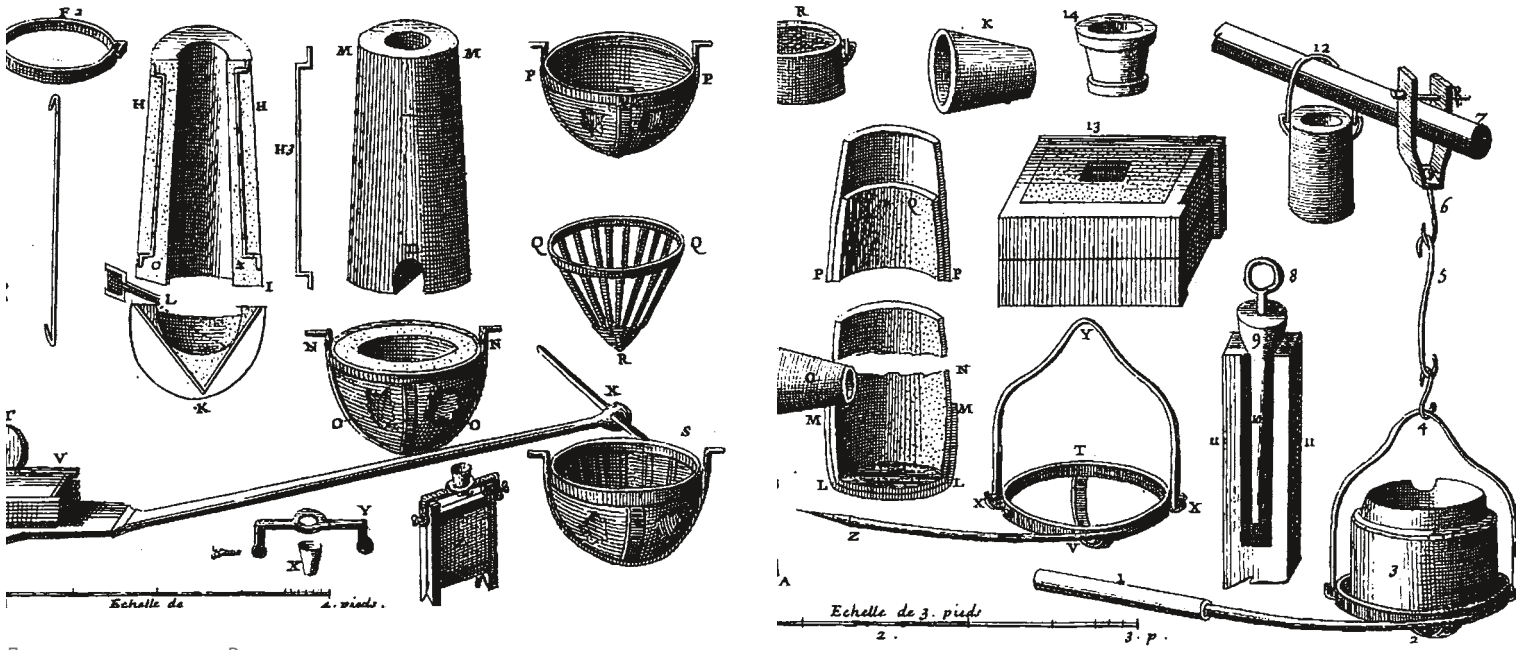
Зернистость Реомюр предлагал оценивать по характеру изломов с использованием увеличительных приборов. Для оценки твердости он рекомендовал испытание, основанное на применении эталонных материалов для царапания специальных образцов. Семиступенчатая шкала относительной твердости Реомюра почти на 100 лет опередила предложенную в 1812 г. Карлом Фридрихом Моосом 10-ступенчатую шкалу. Для оценки пластичности Реомюр разработал специальное устройство, позволяющее измерить, насколько закаленный отрезок проволоки способен изогнуться, прежде чем сломается. Для корректного сравнения необходимо было соблюсти следующие два условия:



Лабораторная вагранка Реомюра

1) образцы должны были иметь идентичные размеры, что достигалось путем пропускания их через одну и ту же волоку;

2) образцы должны быть закалены при одинаковой температуре, что реализовывалось путем их совместного нагрева в ванночке с жидким свинцом – предшественнице печей с солевой ванной.



Лабораторная вагранка Реомюра

УМЯГЧЕНИЕ ЧУГУНА, ПРОИЗВОДСТВО ЯКОРЕЙ И ЛУЖЕНИЕ ЖЕСТИ

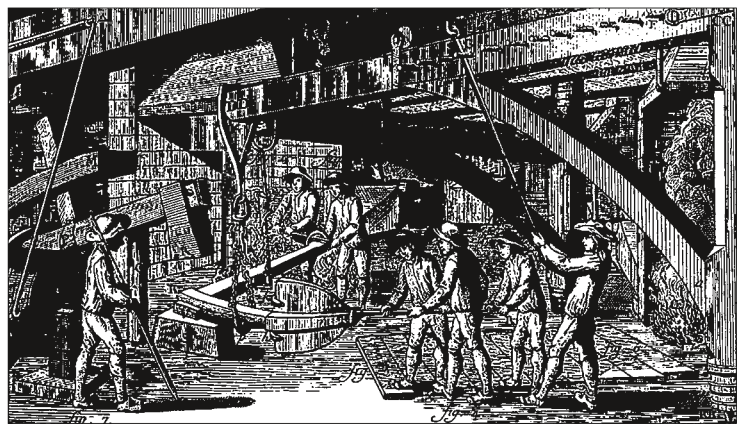
Для исследований чугуна Реомюр спроектировал оригинальную лабораторную вагранку. Систематические исследования позволили ученому разработать технологию отжига с получением ковкого чугуна («умягчение»). К сожалению, эта технология была забыта и вновь разработана лишь спустя 100 лет, в начале XIX в.

Еще одной работой Реомюра в области металлургии железа стало описание и рекомендации по усовершенствованию якорного производства. Эта работа была представлена в виде доклада для Академии наук под названием «Производство якорей» в 1723 г. Впоследствии доклад вошел и в «Описание искусств и ремесел», и в «Энциклопедию» Дидро.

Наконец, в 1725 г. Реомюр представил в Академию наук работу «Начала искусства производства белой (луженой) жести». До этого времени технология производства белой жести не была известна во Франции, а сама жесть импортировалась из Германии, которая была фактически монополистом в этом производстве. Немецкие металлурги строжайше охраняли секреты технологии лужения.

Основная проблема состояла в удалении окалины, которой покрывалась поверхность листов чернового железа. Частицы окалины представляют собой тонкие пластины оксидов железа, которые не позволяют расплавленному олову равномерно покрывать поверхность железного листа. Реомюр обнаружил, что если листы железа поместить в воду, подкисленную большим количеством отрубей (ржаную воду), а затем прокалить в печи для образования тонкого слоя ржавчины, то впоследствии, при зачистке песком, частички окалины легко отслаиваются и удаляются с поверхности железа. После этого для эффективного лужения листы следует погружать в расплавленное олово, покрытое тонким слоем сала в целях предотвращения повторного окисления их поверхности.

Поле опубликования Реомюром научного объяснения процесса лужения он был быстро налажен во многих регионах Франции. Однако примерно в то же время мануфактуры по производству белой жести появились и в



Изготовление якоря (гравюра из статьи «Энциклопедии»)

Англии. Английская белая жесть была гораздо более декоративной, чем немецкая или французская, поскольку железные листы получали методом прокатки, а не плющением молотом, как в Германии и во Франции. По этой причине ее поверхность была более гладкой, и английская жесть быстро завоевала лидирующие позиции.

МЕЖДУНАРОДНОЕ ПРИЗНАНИЕ

Научная работа Реомюра в области металлургии была высоко оценена как некоторыми его современниками, так и последующими поколениями специалистов. Уже в 1734 г. Шведский ученый Э. Сведенборг в получившем широкую известность трактате «De Ferro» полностью воспроизвел труды Реомюра в части превращения железа в сталь. В первой части «Энциклопедии», опубликованной в 1751 г., Д. Дидро в статье «Сталь» особо упоминает его работу как имеющую широкий охват, хвалит используемые им научные методы и незаурядность. В начале XIX в. работы Реомюра были высоко оценены Ж.А. Ассенфратцем в произведении «Производство железа» («Siderotechnic») за его осмысление роли углерода и классификацию железа на основе структуры излома. К тому времени все, что Реомюр предсказал ранее, было научно подтверждено с помощью химического анализа.

Работы Реомюра в области металлургии железа положили начало его связям с Россией. Экземпляр своего труда по металлургии Реомюр послал Петру I, с которым встречался в 1717 г. во время его пребывания в Париже. Петр I настолько заинтересовался этим трудом, что решил перевести его на русский язык. Однако со смертью императора это его начинание, как и многие другие, было забыто.

Современники отмечали замечательные человеческие качества Реомюра. Он был доброжелателен, великодушен и бескорыстен. Исполняя обязанности интенданта Королевского военного ордена Св. Людовика с 1735 г. до самой смерти, он жертвовал все положенное ему по должности жалование на благотворительность. Отметим, что эта должность по социальному статусу соответствовала титулу графа.

Что касается личной жизни Реомюра, то она была небогата событиями. Он не был беден, всю жизнь прожил холостяком, следовательно, его ученым занятиям ничто не мешало. Здоровье у него было крепкое. Только в 1754 г. обнаружились признаки нарушения мозгового кровообращения – головокружения, временная потеря речи. В связи с этим Реомюр решил покинуть Париж, выкупив право на проживание в замке Ла Бермондьер на западе Франции. Туда он переехал в 1755 г. Во время верховой прогулки 6 сентября 1757 г. у него случился приступ, и он упал с лошади. Падение усилило болезнь, и полтора месяца спустя, 17 октября, Реомюр скончался. Похоронен он на церковном кладбище деревушки Сен-Жюльен-де-Терру.

Являясь основоположником прикладной металлургической науки, Реомюр наглядно показал ее преимущество перед простым обобщением ремесленного опыта, сравнительно легко раскрыв секреты, тщательнейшим образом охраняемые зарубежными производителями. Будучи патриотом своей Родины, он старался всеми силами развить ее промышленность, сделать конкурентоспособной ее продукцию, и не его вина, что объективные экономические законы не позволили ему в полной мере осуществить задуманное. ❊

Парадный портрет Рене Антуана Фершо де Реомюра – командора и интенданта Королевского военного ордена Св. Людовика

Глава 8

«Черный» фундамент Промышленной революции, или Что же изобрели Дарби?

У пивоваров есть способ прокаливать каменный уголь совершенно так, как обугливают дерево... Приготовленный таким образом уголь называют коксом: он даёт почти столько же тепла, как древесный уголь, и может заменять его почти во всех случаях, кроме того, однако, случая, когда требуется выплавлять и фришевать железо.

Из английской книги 1686 г.

Речной ландшафт с доменными печами. Иоахим Патиниер. XVI в.

В результате формирования во второй половине XVI в. двухстадийной технологии производства железа «руда – чугун – железо» и быстрого расширения области применения чугуна доминирующим агрегатом для выплавки железа из руд стала доменная печь. Возрастающий спрос на металл стимулировал неуклонное увеличение размеров агрегатов. При этом, по весьма поэтичному описанию одного автора, «чтобы поддерживать огонь железоделательного завода, вокруг совершались настоящие жертвоприношения деревьев». К XVII в. в Европе, и в первую очередь в Великобритании, это превратилось в серьезную проблему, тормозя развитие зарождавшейся Промышленной революции и ставя под угрозу безопасность страны. Требовалось найти новое, более эффективное в использовании топливо. И этим топливом стал каменноугольный кокс (от англ. coak, в наст. время coke). Однако его путь в металлургию оказался очень непростым.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Если спросить у современного отечественного специалиста в области черной металлургии, что изобрели английские металлурги отец и сын Дарби, он наверняка ответит: коксование каменного угля. И будет не прав. Удивительно, но о сущности изобретения, определившего структуру современной индустрии, знают немногие. Попробуем приблизиться к истине (что всегда сложно сделать по прошествии столь значительного периода времени) и проведем научное расследование. Итак, данный очерк представляет собой детектив, разыгрывающийся на фоне столь популярной в наше время темы – экологической катастрофы, а восстановление исторической справедливости представляет собой увлекательное интеллектуальное занятие, которое никогда не потеряет актуальности.

РАЗВИТИЕ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В НОВОЕ ВРЕМЯ

Если высота доменных печей в XVI в. составляла около 4,5 м, то доменные печи XVII в. были почти в два раза выше и достигали 9 м в высоту. Для обеспечения таких домен воздушным дутьем применяли мощные водяные колеса и специальные деревянные мехи (наиболее удач-

ная конструкция воздуходувного комплекса была разработана в 1620 г. на заводах промышленного региона Гарц в Германии). В результате металлургическое производство переместилось с вершин холмов и скрещения долин, где оно было обеспечено постоянными ветрами, к новым источникам энергии – рекам и быстрым ручьям. Фактически металлургическое предприятие стало представлять собой комплекс, состоящий из искусственного водоема с плотиной, рудника, доменных печей и близлежащего леса, которые снабжали чугуном расположенные поблизости (как правило, вдоль реки) железоделательные заводы.

Производительность доменной печи составляла к концу XVI в. 5–7 т чугуна в сутки и продолжала расти. При этом на производство тонны чугуна расходовалось в среднем 1,6 т древесного угля, а с учетом передела чугуна в железо и кузнечной обработки общий расход древесного угля превышал 3 т на тонну железа. Таким образом, при выходе древесного угля 0,25 т на тонну древесины на производство и переработку чугуна одной доменной печи в сутки требовалось около 100 м^3 древесины, т.е. более 50 древесных стволов среднего размера (50…70 см в диаметре).

ПРОБЛЕМА ОБЕЗЛЕСЕНИЯ

На протяжении более чем столетнего периода Британия была одной из ведущих металлургических держав. Она также являлась лидером в технологическом отношении, в частности, мощное развитие черной металлургии России при Петре I было обеспечено, не в последнюю очередь английскими специалистами и технологиями. В эпоху расцвета металлургической промышленности в Британии сформировались основные промышленные регионы, привязанные к обширным лесным массивам (зачастую бывало так, что богатые рудой районы совершенно не разрабатывались из-за отсутствия поблизости леса).

Одним из основных металлургических регионов стало графство Сассекс на юге Англии, о котором современник писал: «Сассекс изобилует рудой; для обработки этой руды были повсеместно построены в крае доменные печи, где ежегодно потребляется огромное количество дров. Сплошь и рядом несколько ручьев соединяли в один, и большие лесные площади превращали в пруды, чтобы искусственно образовать водопады для приведения в действие мельниц; эти мельницы приводят в движение молоты для ковки железа, которые день и ночь наполняют своим стуком всю окрестность».

Однако в период Малой промышленной революции (XVI–XVII вв.) ситуация принципиально изменилась: лес – главный поставщик топлива для металлургии и прочих нужд – становился все менее доступен. Англия, которая раньше других стран вступила в «гонку вооружений» в металлургии, соответственно, быстрее всех истощила лесные ресурсы вблизи металлургических заводов. Проблема нехватки древесины дамокловым мечом висела над британской промышленностью уже с конца XVI в.

Несмотря на то, что в целом по стране гораздо больший урон лесам наносило расширение сельскохозяйственных угодий и пастбищ для овец, в умах большинства жителей острова эта проблема была связана с железной и стекольной промышленностью. При этом основную тревогу вызывало истребление корабельного леса, что могло повредить гордости Британии – флоту. Дад Дадли, о котором мы еще будем говорить далее, писал по этому поводу в 1665 г.: «Если леса будут и впредь уменьшаться и, в конце концов, исчезнут, то для нас потеряно будет то, что составляет самую главную силу Англии: ее суда, ее матросы, ее торговля, ее рыболовство, военный флот Ее Величества, наше наступательное и оборонительное оружие. Именно это и побудило предшественников Ее Величества, до и после 1588 г., ...издать законы об охране лесов, подвергающихся столь великой опасности из-за железоделательных и литейных заводов».

«Ее Величество» – королева Елизавета I Английская – также озаботилась этой проблемой сразу после восшествия на престол. В 1558 г. ею был издан ряд указов, согласно которым запрещалось всем без исключения, под страхом штрафа в 40 шиллингов, рубить деревья для нужд железоделательных заводов на всей территории страны, за исключением графств Сассекс, Сюррей и Кент. Спустя четверть века, в 1584 г., последовал еще один указ, призванный спасти остатки лесного богатства страны. Закон гласил: «Усматривая, что по причине крайнего нерадения, или по причине страшного множества железных заводов, которые существовали и существуют еще в лесах графств Сассекс и Сюррей, и Кент, строевые леса этих местностей претерпевают страшные повреждения, и в самое короткое время могут быть окончательно истреблены, если не принять против того меры, Мы повелеваем, чтобы с будущего праздника Пасхи, не было воздвигаемо в вышепоименованных графствах ни одного горна, ни одной кузницы, ни одного завода для выделки железа». В качестве наказания служил все тот же штраф в 40 шиллингов.

В целях охраны лесов в царствование Елизаветы I были изданы еще несколько указов, в частности указ, запрещавший строительство металлургических заводов в радиусе 22 миль вокруг столицы (аналогичный указ был издан и в России в царствование Екатерины II, что, в частности, стало причиной строительства Выксунских заводов). Однако эти законы не затрагивали проблему других причин обезлесения – вырубки под пашни, овцеводства, использования древесного угля и дров в быту.

«ВСЕПОЖИРАЮЩИЕ ЗАВОДЫ»

Проблема эта серьезно беспокоила все слои британского общества: простолюдины шутили, что если бы Иуда

жил в Англии, то не нашел бы осины, чтобы повеситься, а парламент регулярно рассматривал этот вопрос на своих заседаниях. Так, в 1651 г., на одном из заседаний лорд Эвелин выступил с речью, названной им «О всепожирающих железных и стекольных заводах». В ней он упоминал некоего углежога из города Дархема, срубившего к тому времени «уже более 20 тысяч дубов». «Если он [углежог] еще немного проживет, – отмечал лорд, – то может оказаться, что во всей стране скоро не найдется и пары стволов на ремонт даже одной церкви». «Кто видел в былое время леса Сассекса, Сюррея и Кента, – говорилось в тексте 1607 г., – этот большой питомник дубов и буков, тот найдет в них за менее чем 30-летний промежуток необычайную перемену; еще несколько таких бедственных лет, как предшествующие, и очень немногие из этих прекрасных деревьев уцелеют». Спустя чуть более века та же судьба постигла дубовые рощи Ирландии – тамошние кожевенники были вынуждены закупать кору для дубления в Норвегии и Англии (впрочем, кожевенники самой Англии в это время ратовали за сохранение железоделательной промышленности как основного поставщика дубовой коры). Дошло до того, что многие начинали сомневаться, а правомерно ли вообще относить запасы железных руд к богатствам Британии.

Лишь немногие, в частности Эндрю Яррантон – знаменитый инженер и авантюрист, известный также трудами по политэкономии, – выступали в защиту металлургического производства, справедливо указывая, что заводы никоим образом не могут быть «ответственны» за расширение пастбищ и полей. К этому можно добавить лишь то, что «радиус воздействия» железоделательного, да и стекольного, завода относительно невелик – при дальней транспортировке сырья без железных дорог либо водных путей производство становится просто невыгодным. По этой причине заводы истребляли леса, в основном, в регионах своего размещения, однако картина опустошения при этом была гораздо более впечатляющей, чем поля или пасущиеся на месте бывших лесов овцы.

Так или иначе – это уже не имело принципиального значения – но ситуация становилась угрожающей. К 1720-м гг. количество доменных печей в Сассексе уменьшилось до 10, причем каждая производила в среднем 140 т чугуна в год, так что, когда потребовалось отлить решетку (весом около 200 т), окружающую лондонский собор св. Петра, с этой работой едва справились два завода. В дальнейшем от них остались лишь географические названия.

В другом металлургическом регионе – Дин-Форест (Dean-Forest) в графстве Глостер, богатом железными рудами, месторождения которых разрабатывались со времен римлян, также имелось к 1720 г. не более 10 доменных печей, на которых вместо руды использовали шлаки римских кузниц. В похожем состоянии находились предприятия Южного Уэльса, долины реки Северн и других мест. Несколько доменных печей обслуживали знаменитые мастерские Шеффилда и Бирмингема, однако объем их производства был недостаточным, чтобы снабдить железом всех ремесленников этих крупных металлообрабатывающих центров.

В 1720 г. во всей Англии работало всего около 60 доменных печей, разбросанных по 20 графствам, суммарным производством 17 тыс. т чугуна в год. Объем ввозимой железной заготовки составлял около 22 тыс. т, экспортировалось же всего 4 тыс. т. В дальнейшем импорт непрерывно рос до начала 1760-х гг., а собственное производство оставалось примерно на том же уровне. Проблему пытались решить путем ввоза железа из Ирландии и североамериканских колоний, однако запасы железных руд Ирландии быстро иссякли, а активно развивающиеся колонии не горели желанием снабжать железом ненавистную метрополию.

НОВЫЕ ЛИДЕРЫ

В XVIII в. проблема нехватки леса затронула континентальную Европу, в частности Францию: «Многочисленные заводы, разбросанные по всем углам Франции и едва справляющиеся с удовлетворением разнообразных потребностей в железе нашего сельского хозяйства, наших фабрик и наших арсеналов, поглощают ежегодно такое количество древесного угля, которое, будучи подсчитано, кажется поистине ужасающим, и, к несчастью, не вызывает сомнений, что в нескольких частях империи это потребление древесного угля слишком не соответствует нынешнему состоянию большинства наших гибнущих лесов». В результате этого во Франции и Германии, как и в Британии, стала активно развиваться железообрабатывающая отрасль, использующая импортное сырье, а основными поставщиками железа в страны Западной Европы стали Швеция и Россия. Швеция превратилась в самого крупного поставщика железа на европейский рынок еще в XVII в. В начале XVIII в. из страны вывозилось около 30 тыс. т железа в год, причем основным потребителем была Британия.

Первая поставка русского железа в Англию (и вообще в Европу) составила, по некоторым сведениям, 13 т и была осуществлена в 1714 г. В 1715 г. 45,5 т пруткового железа отправили из Архангельска за границу голландцы Меллеры, а в 1716 г. в Англию поступило 74 т российского железа. Небольшой по объему российский экспорт лидирующему положению Швеции на британском рынке первоначально ничем не угрожал. Из всего объема импортируемого Британией железа на долю шведского приходилось 76 %, а российского – всего 2 %. Решающим фактором, обеспечивавшим ведущую позицию шведского железа на европейском рынке, стало наличие в Швеции всех условий для его производства: крупных место-

рождений железной руды, обширных лесов, многочисленных рек и озер. Богатые природные ресурсы позволяли Швеции расширять производство и экспорт железа, в то время как быстрое сокращение лесов в Западной Европе приводило к росту цен на древесный уголь, ограничивало выплавку железа и повышало его стоимость.

Шведское железо, производимое из знаменитых руд месторождения Даннемура, отличалось от уральского более высоким качеством. Однако последнее, даже несмотря на необходимость его транспортировки с Урала, было более дешевым. Весь XVIII в. прошел под знаком торгово-металлургических войн между Россией и Швецией: в отдельные годы до половины производства уральского железа уходило в Британию.

ПРЕДЫСТОРИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАМЕННОГО УГЛЯ

Итак, в первой половине XVIII в. черная металлургия Великобритании стала фактически тормозом зарождающейся Промышленной революции. Как и столетие спустя, когда изобретение способа производства жидкой (литой) стали было настолько необходимо промышленности, что оно просто не могло не произойти, переход на новый вид топлива для доменной печи был той самой «прорывной» инновацией, которую все ждали и которая должна была дать выход накопленным к тому времени производительным силам.

Решение проблемы, на первый взгляд, было очевидным – Британские острова были сказочно богаты углем. Да и историю использования уголь к тому времени имел солидную. Об угле как о «фракийском камне», который «при сгорании издает настолько неприятный резкий запах, что ни одна рептилия не в состоянии оставаться на месте», впервые упоминает древнегреческий философ Аристотель (384–322 гг. до н. э.) в сочинении Теофраста «О камнях», появившемся приблизительно в 300 г. до н. э., дается следующее описание: «Среди хрупких камней имеются такие, которые, если положить их в огонь, воспламеняются подобно древесному углю и долго горят... Их находят в Лигурии и в Элиде, расположенных в тех горах, что лежат на пути в Олимпию. Камни эти используют кузнецы».

На фото рабочий вывозит породу из угольной шахты

Существуют два основных вида добычи угля – подземный и открытый. Подземный способ добычи в шахтах – более трудоёмкий и дорогой. Но основные запасы угля находятся на большой глубине, и поэтому подземный способ наиболее распространён. Для того чтобы добраться до глубоко залегающих угольных пластов, пробивают вертикальные и наклонные шахты. Диаметр их обычно равен нескольким метрам, а глубина может достигать 1 км и более

В домашнем хозяйстве, по свидетельству венецианского купца и путешественника Марко Поло, каменный уголь уже издавна применяли китайцы. Марко Поло, долгое время живший при дворе монгольского хана Хубилая и изучавший Китай с 1275 по 1295 г., в своем знаменитом отчете о путешествии упоминает о горючих «черных камнях», которые добываются в горах Северного Китая. Их используют для отопления жилищ, нагревания воды в банях. Они встречаются там очень часто и дешевле дров. Этот камень помогает улучшить условия жизни. «Почти нет никого, – пишет Марко Поло, – кто бы не купался в теплой воде, по крайней мере, три раза в неделю, а зимой даже ежедневно, если позволяют средства. Каждый состоятельный человек имеет в своем доме комнату для купания».

С достоверностью можно сказать, что добыча каменного угля в Европе началась после Великого переселения народов. Согласно документам и хроникам XI–XIV вв., уголь добывали в Германии в том «месте, где поклонялись славянскому богу огня Цвичу» (сейчас г. Цвиккау), под г. Люттихом; на реках Рур и Саар.

«МОРСКОЙ УГОЛЬ»

Первое письменное упоминание об использовании угля в Великобритании относится к 852 г. (некто Вульфред обязывался доставлять его монахам аббатства Медхемстед в числе прочего топлива). Употребление каменного угля было довольно распространено в Англии на протяжении всего средневековья. Его привозили с каменноугольных месторождений, расположенных у морского побережья или недалеко от него – отсюда несколько странное название «морской уголь» («sea coal»), часто встречающееся в текстах до XVIII в. К этому времени уголь составлял весьма важную статью внутренней и внешней торговли.

Помимо отопления каменный уголь употребляли во многих отраслях промышленности. Известна петиция 1738 г., которая требовала от парламента, чтобы тот принял меры против чрезмерно высоких цен на уголь. Она подписана «стекольщиками, пивоварами, винокурами, мыловарами, кузнецами, красильщиками, кирпичниками, обжигальщиками извести, литейщиками». Большинство упомянутых отраслей перешло на каменный уголь на рубеже XVII в. Об этом в 1612 г. упоминает в своем труде «A Treatise of Metallica» Симон Стюртевант: «В кирпичном производстве, в пивоварнях, в красильнях, при плавке меди лишь несколько лет назад единственными употреблявшимися видами топлива были дрова и древесный уголь, но теперь их заменяют ископаемым углем, дающим столь же хорошие результаты… Когда-то кузнецы ковали железо на огне древесного угля (и в некоторых местностях, где древесный уголь дешев, они продолжают еще пользоваться им), но уже в течение многих лет вместо него употребляли и употребляют сейчас раздробленный на мелкие куски каменный уголь».

Известно, что уже в 1528 г. кардинал Волси, епископ Дархема, пытался реализовать проект выплавки свинца из руд принадлежавших ему шахт, а в 1614 г. вице-адмирал Роберт Манселл взял патент на производство стекла с использованием каменного угля и к 1619 г. производил стекло без применения древесного угля. Таким образом, с начала XVII в. все отрасли промышленности, включая металлообработку, постепенно перешли на использование каменного угля, воспользоваться им не могли лишь в железоделательном производстве.

СПЕЦИФИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Основная трудность состояла в том, что проблема была комплексной, и для ее решения нельзя было придумать простой способ. При использовании угля в кричном переделе чугуна проблемой было присутствие в нем большого количества серы – капли чугуна, стекая по раскаленному углю, растворяли ее в себе, что придавало получаемому железу свойство красноломкости, из-за которого оно растрескивалось при кузнечной обработке. Известно, что экономически эффективными методами серу из угля удалить невозможно, остается только один способ – использовать тепло сжигаемого угля, изолировав при этом металл от контакта с углем и продуктами его горения. По этому пути и пошли изобретатели, разработав в конечном итоге пудлинговую печь.

С использованием угля в доменной плавке дело обстояло еще сложнее – требовалось, во-первых, превратить уголь в прочное кусковое топливо, необходимое для доменной плавки, а во-вторых – решить проблему удаления серы. Дело в том, что газовые угли с высоким содержанием летучих веществ в доменной печи разрушаются при выделении этих газов, а «жирные» угли, обладающие способностью спекаться, образуют сплошную монолитную массу. С учетом относительно небольшой в то время высоты печи, можно было использовать в доменной плавке угли с низким содержанием летучих веществ и антрацит, что частично и осуществлялось.

ПЕРВЫЕ ПАТЕНТЫ

Первые известные попытки замены древесного угля каменным при выплавке железа относятся к концу XVI в. Патент на производство железа и выплавку свинца «с использованием земляного угля, морского угля и торфа» получили в 1589 г. Томас Проктор и Виллиам Петерсон. По их словам, им удалось произвести на заводе в Йоркшире 7 т хорошего ковкого железа, однако коммерческого успеха они не добились. В их патенте есть намеки на некий процесс подготовки угля, сходный с коксованием. Сразу после этого, в 1590 г., настоятелю собора в Йорке была выдана привилегия на способ «очистки ископаемого угля от его отвратительного запаха» (это также была весьма важная проблема – король Эдуард I (1239–1307 гг.) даже пытался ввести запрет на употребление каменного угля в Лондоне).

Чем дороже становился древесный уголь, тем чаще появлялись патенты на использование минерального топлива. Следующий патент на «выделку кричного железа и стали с использованием каменного угля, морского угля, ямного угля и торфяного угля» получил в 1607 г. Роберт Чантерлей, однако достичь положительного результата ему не удалось.

СИМОН СТЮРТЕВАНТ – ФИЛОСОФ И ИЗОБРЕТАТЕЛЬ

В 1612 г. патент на производство железа с применением каменного угля был выдан Симону Стюртеванту (Simon Sturtevant), по происхождению немцу. Стюртевант родился в 1570 г. в графстве Линкольншир, в 1586 г. поступил в Колледж Христа (Christ's College) в Кембридже, в 1590 г. получил степень бакалавра искусств, а в 1593 г. – магистра искусств. После этого в течение 20 лет он служил приходским священником в небольших городках. По-видимому, учеба в колледже «отравила» его ядом любви к познанию, поскольку своим обязанностям приходского священника он уделял столь мало времени, что в 1613 г. был изгнан из прихода (за весь XVII в. таких случаев в Британии было лишь четыре). Зато в другого рода деятельности он был весьма успешен: в 1602 г. им был опубликован «Этимолог басен Эзопа», в том же году он издал словарь иврита, в 1604 г. получил лицензию на преподавание латыни. Еще более несвойственной его сану деятельностью он стал заниматься позднее – в 1608 г. король Джеймс I выдал ему патент на изобретение способа изготовления глиняных труб.

В 1612 г. Стюртевант опубликовал «Руководство по новым изобретениям в металлургии» («A Treatise of New Metallic Inventions»). Это весьма любопытный труд, и его стоит рассмотреть подробнее. Помимо конкретных опи-

саний, он содержал размышления автора на тему изобретений, которые в наши дни не менее актуальны, чем 400 лет назад, когда была написана книга. В изобретениях Стюртевант различал две части – «научную» и «механическую»: «Научной является та, что предписывает общие правила для всех свободных искусств, имеющих конечной целью науку, независимо от всякого видимого результата и от всякого материального объекта... Механическая часть предписывает общие правила для всех несвободных искусств, направляемых на видимый результат и материальный объект. Изобретение последнего сорта называется механическим изобретением». Как тут не вспомнить ставшее привычным в наше время разделение наук на фундаментальные и прикладные?!

Изобретения по Стюртеванту делятся на «смешанные» и «чистые»: первые дают возможность нового применения уже известного принципа (например, ветряная мельница, изобретенная после водяной), вторые основаны на новом принципе (например, книгопечатание). Это, конечно, не в чистом виде упомянутое выше разделение инноваций на «поддерживающие» и «прорывные», но подход очень близкий. Всякий новый технический прием, по мнению Стюртеванта, должен удовлетворять трем минимальным условиям по сравнению с тем приемом, который он заменяет: он должен обеспечивать производство продукции, по меньшей мере, тех же количества, качества и цены, что и до его внедрения. Польза от его внедрения возможна лишь в том случае, если этот минимум превзойден, т.е., если продукция производится в большем количестве, если она более совершенна или более дешева. Как видно, подход, используемый в наше время при оценке перспектив внедрения инноваций, был сформулирован еще 400 лет назад.

Если верить Стюртеванту, то сделанное им изобретение имело как минимум два из вышеперечисленных преимуществ. Прежде всего, оно давало возможность осуществить значительную экономию в производстве: за-

Посещение литейного цеха (Чугунолитейный цех в Люттихе), Леонард Дефранс, 1777 г.

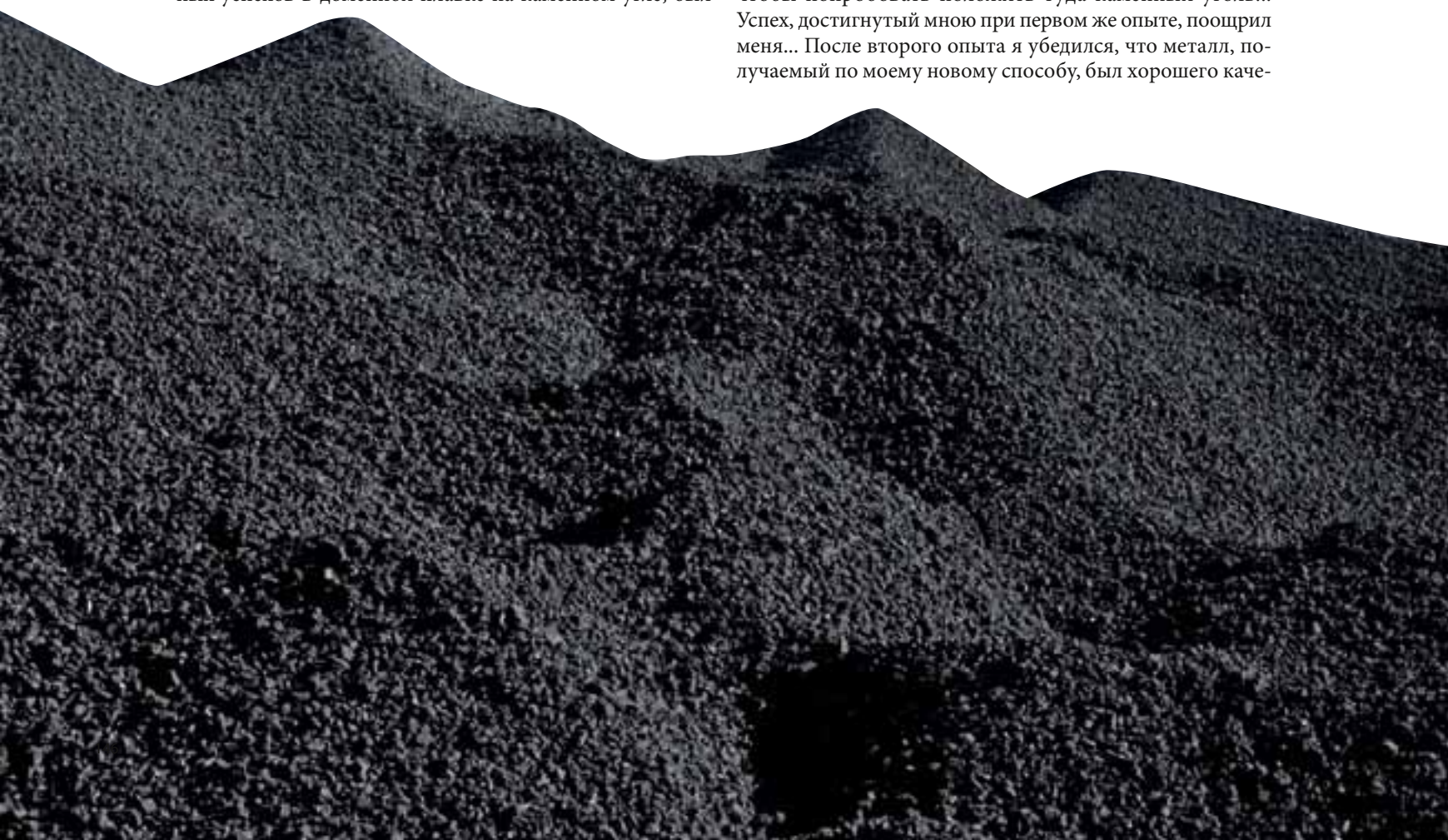
траты на топливо сокращались с 500 фунтов стерлингов в год до одной десятой доли этой суммы. Кроме того, ничто уже не сдерживало бы развитие отраслей металлургической промышленности. В то же время сохранялись бы леса – соображение, не только не второстепенное, но производившее, возможно, наибольшее впечатление на современников. Таким образом, Стюртевант впервые четко сформулировал то, что интуитивно было понятно и ранее – необходимость выгоды от замены древесного угля каменным.

К сожалению, о технической стороне его изобретения известно гораздо меньше. Он, несомненно, отказался от мысли использовать каменный уголь в сыром виде, поскольку писал о подготовительной работе, «имеющей целью извлечь из него все то, что могло бы испортить или изменить металл». Как бы то ни было, Стюртевант не сумел извлечь пользу из этого своего изобретения, поскольку менее чем через год он был лишен привилегии как «сам бросивший свое предприятие». Права его были переданы одному протеже принца Уэльского, Джону Ровензону, который, наобещав золотые горы, также не смог добиться успеха.

ДАД ДАДЛИ

Первым, кому, по-видимому, удалось достичь определенных успехов в доменной плавке на каменном угле, был Дад Дадли (Dudd, или Dud Dudley) – незаурядный человек и инженер, проживший полную приключений жизнь, которую позднее описал в книге «Metallum Martis». Дад был внебрачным сыном Эдварда Саттона, пятого барона Дадли, и Элизабет Томлисон. Всего у лорда Дадли было одиннадцать детей, из которых Дад был четвертым. Эдвард Дадли принимал участие в воспитании Дада, в том числе дал ему образование.

Еще в юности Дад начал работать на металлургическом заводе своего отца. Воодушевленный успехами сына в улучшении производства, отец отправил его для дальнейшего обучения в колледж Баллиоль (Balliol College) в Оксфорде, который тот окончил в 1618 г. в возрасте 20 лет. После этого лорд Дадли направил его заведовать металлургическими заводами в Пенснетском лесу (Pensnett Chase) в Вустершире. Там в 1619 г. Дад Дадли приступил к своим опытам, о чем позднее писал: «Дрова и древесный уголь становились редкими, а между тем в непосредственной близости от доменной печи находили в большом количестве каменный уголь. Это обстоятельство побудило меня видоизменить устройство горна (следует иметь в виду, что речь здесь идет не о «первом переделе» – доменном производстве чугуна, а о следующем – обезуглероживании чугуна в кричном (рафинировочном, фришевальном) горне с получением железа), чтобы попробовать положить туда каменный уголь... Успех, достигнутый мною при первом же опыте, поощрил меня... После второго опыта я убедился, что металл, получаемый по моему новому способу, был хорошего каче-



ства. Количество оставляло кое-чего желать, так как не превосходило 3 т в неделю, но я не сомневался, что мне удастся усовершенствовать свое изобретение...» Он сообщил о результатах своему отцу, который и взял патент на свое имя, так как упомянутая выше привилегия Ровензона к тому времени потеряла силу.

Дад приступил к производству на заводах в Пенснете и Крэдли в графстве Стаффордшир и спустя год был в состоянии произвести достаточное количество железа для испытаний в королевском арсенале. По результатам испытаний железо было признано «хорошим железом для торговли». Однако дальше началась черная полоса: доменные печи, построенные им близ Стоурбриджа, в районе Бирмингема, были разрушены «Великим майским наводнением». Обосновавшись затем в Седжлее, в графстве Стаффордшир, Дадли благодаря низкой себестоимости своего чугуна составил серьезную конкуренцию другим заводчикам, которые «натравили» на него своих рабочих. В результате завод Дадли подвергся нападению и был разгромлен, а сам Дадли, якобы за долги, был посажен в тюрьму. Тем не менее, король Карл I согласился возобновить в 1638 г. его привилегию. К несчастью, почти тотчас же вспыхнула гражданская война. Дадли, убежденный роялист, бросил свои заводы и вступил в кавалерию принца Руперта, где благодаря своей храбрости дослужился до чина полковника.

Когда война закончилась поражением и казнью короля, Дад Дадли оказался разоренным, одиноким и неблагонадежным для новых властей. О том, чтобы защищать свою привилегию, не могло идти и речи – Дадли даже согласился помочь (не выдавая, однако, своего секрета) некоторым из тех, кто пытался получить результаты при помощи методов, более или менее сходных с его способом. К их числу принадлежал некий капитан Бак (Buck), который в компании с Эдвардом Дегнеем, «изобретательным стеклоделом», устроил завод в Дин-Форесте. Их способ предполагал изолирование руды от каменного угля путем помещения ее в горных из огне-

Старинный металлургиченский склад XVII в. в Коалбрукдейле

Вид на Верхние заводы Коалбрукдейла (в правом нижнем углу – кучи для выжига угля). Художники Дж. Перри и Т. Смит. 1758 г.

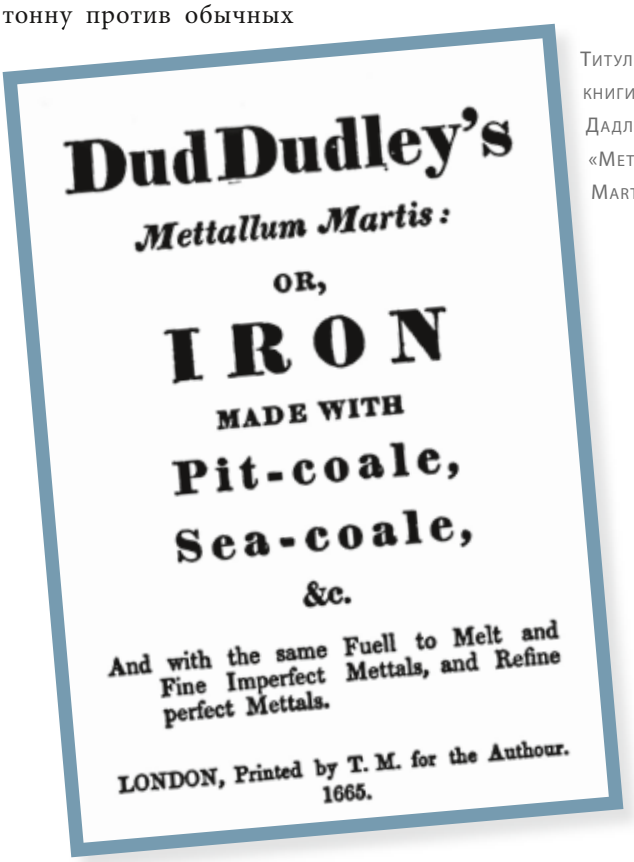
упорной глины. Но во время плавки горны треснули, и опыты, которыми заинтересовался Кромвель, были прерваны.

«METALLUM MARTIS»

После реставрации монархии Дадли попытался вернуть себе свои права, однако ходатайства его были приняты довольно холодно. Тогда он и написал книгу с посвящением «почтенному Большому совету Его Величества», озаглавленную «Metallum Martis», или «Изготовление железа с использованием земляного угля и морского угля» .

Сочинение это представляет собой одновременно и автобиографию и «защиту» изобретения: «Поверь мне, читатель, – говорилось во вступлении к нему, – не частный или политический интерес руководит мною, а одно лишь пламенное желание быть полезным patriae, parentibus et amicis (отечеству, родным и друзьям), как оно подобает честному человеку». Тем не менее все просьбы Дадли были оставлены неудовлетворенными и, удрученный этим последним разочарованием, он отказался навсегда от дальнейшего продвижения своего изобретения. Дад Дадли умер, забытый всеми, в 1684 г., а вместе с ним «сошел в могилу» и его секрет.

Хотя нет однозначных свидетельств того, что изыскания Дадли были успешны, можно считать установленным тот факт, что он действительно добился получения чугуна и ковкого железа удовлетворительного качества. Большого количества металла он никогда в один прием не производил – его доменная печь в Аскью-Бридж (Askew-Bridge) давала около 1635 г. приблизительно 7 т чугуна в неделю. Но себестоимость этого чугуна была очень низка: всего 4 фунта стерлингов за тонну против обычных


Dud Dudley's
Mettallum Martis:
OR,
IRON
MADE WITH
Pit-coale,
Sea-coale,
&c.
And with the same Fuell to Melt and Fine Imperfect Mettals, and Refine perfect Mettals.
LONDON, Printed by T. M. for the Authour. 1665.

Титульный лист книги Дада Дадли «Metallum Martis»

6–7 фунтов. Одного этого было достаточно, чтобы вызвать настоящую революцию в металлургической промышленности.

О применявшихся Дадли технических приемах можно только строить догадки. Весьма вероятно, что, подобно Стюртеванту, он пользовался не сырым углем, а подготовленным одному ему известным способом. Известно, что он несколько видоизменил устройство горнов и мехов; возможно, построил также отражательные печи (в замене топлива нуждались не только доменные печи, но и кричные горны для передела чугуна в железо – пудлинговая печь была изобретена только в 1766 г.).

БЕЗУСПЕШНЫЕ ПОПЫТКИ

После Дадли возобновилась серия безуспешных попыток. Так, немец по фамилии Блауенштейн (Блюстон) соорудил в 1677 г. близ Венсбери печь, «столь остроумно построенную, что многие предсказывали ему успех». Это была отражательная печь, «где пламя, изгибаясь, лизало руду, помещенную вне очага». Однако насыщенное соединениями серы пламя портило чугун почти так же, как и непосредственный контакт с каменным углем. Блауенштейн использовал каменный уголь, не подвергая его предварительно никакой подготовке.

Масштабные опыты по применению кокса в различных металлургических агрегатах производились между 1726 и 1731 гг. Вильямом Вудом. Кроме собственных металлургических заводов и мастерских по производству мелких металлических изделий, этот предприниматель взял в аренду еще и рудники из королевских владений. Привыкнув к грандиозным проектам, он мечтал путем обновления техники железоделательной промышленности создать гигантскую монополию. В 1726 г. известный авантюрист Вуд обосновался в г. Уайтхевене, графство Кумберленд, и попытался производить чугун, смешивая размельченную в порошок руду и кокс в отражательной печи. Результаты, по свидетельству Сведенборга, были неудовлетворительны, тем не менее Вуд уверял, что скоро будет в состоянии производить превосходное ковкое железо в неограниченном количестве. В 1728 г. он за-

Музей в Коалбрукдейле

ключил договор, по которому обязался поставить Королевской горной компании 30 тыс. т полосового железа по цене от 11 до 12 фунтов стерлингов за тонну.

Когда в 1729 г. им было возбуждено ходатайство о получении грамоты на монополию, от него потребовали, чтобы он немедленно представил доказательства своего изобретения. Его обвиняли в мошенничестве – утверждали, что железо, которое он показывал экспертам, было выплавлено на древесном угле, а то, которое он получил при помощи своего «чудесного» способа, на самом деле было грубым и ломким чугуном. Испытавшие его кузнецы заявляли в один голос, что не стали бы употреблять его, если бы даже им дали его даром. Испытание перед свидетелями, проведению которого принужден был покориться Вуд в 1731 г., довершило его фиаско.

В том же 1731 г. об аналогичном изобретении шумно возвестил некий Вильям Фаллоуфильд, но и его технология выплавки чугуна с использованием кокса оказалась блефом. В то время общее желание найти решение проблемы, от которого зависело само существование английской металлургии, было настолько велико, что не проходило месяца, чтобы кто-нибудь из прожектеров всех мастей не объявлял себя спасителем отечественной металлургии.

КОАЛБРУКДЕЙЛ

Именно в это время в небольшом селении Коалбрукдейл (Coalbrookdale) на своем металлургическом заводе работал вместе с компаньонами скромный молодой квакер Абрахам II Дарби (Darby) – второй представитель самой известной металлургической династии, которому было суждено войти в историю как человеку, сделавшему возможным использование каменного угля в черной металлургии.

Завод располагался в долине ручья Кальдебрук (Caldebroke), небольшого левого притока реки Северн, недалеко от Волверхемптона, в графстве Шропшир. Эта

Остов Старой домны завода в Коалбрукдейле (над отверстием для выпуска чугуна видна надпись с годом постройки)

область издавна была облюбована владельцами металлургических производств, однако в рассматриваемое время была почти заброшена, несмотря на то что была еще довольно лесиста. Кроме того, поблизости находились значительные залежи каменного угля, а река Северн, впадающая в море рядом с портовым Бристолем, представляла собой отличную транспортную артерию.

Промышленная история Коалбрукдейла началась с завода по производству железной заготовки «Кальдебрукская кузница» (Caldebroke Smithy), о котором известно, что он существовал в 1572 г. на момент «роспуска монастырей» в правление Генриха VIII. После роспуска эта местность, принадлежавшая монастырю Венлок, была передана Джону Бруку, организовавшему там добычу угля. Его сын, Базил Брук, был уже промышленником значительного масштаба. В 1615 г. он получил патент на производство цементированной стали, которую производил до начала гражданской войны, когда его имущество было конфисковано.

С 1651 г. «Кальдебрукской кузницей» управляли Френсис Вулф и его сын, которые арендовали завод у наследников Брука. К этому времени относятся возведение в Коалбрукдейле первой доменной печи и начало производства чугуна. С 1688 г. заводом управлял Л. Веллингтон, а затем он был взят в аренду Шадрахом Фоксом. По некоторым данным, Фокс производил чугун с применением каменного угля, однако эта версия остается спорной. Фокс занимался в том числе производством чугунного литья и поставлял артиллерийские боеприпасы для Палаты вооружений. В 1703 г. доменная печь была серьезно повреждена взрывом и не функционировала до прибытия в Коалбрукдейл Абрахама Дарби.

АБРАХАМ I ДАРБИ

Основатель одного из самых известных кланов промышленников металлургов – Абрахам Дарби – родился 14 апреля 1678 г. в местечке Ренснест (Wrens Nest) в графстве Стаффордшир в семье йомена (мелкого землевладельца) Джона Дарби и Энн Бэйлис. Интересный факт: прабабушка Абрахама Дарби со стороны отца, Джейн Саттон, была дочерью Эдварда Саттона, лорда Дадли, и Элизабет Томлисон, т.е. приходилась родной сестрой, а сам Абрахам, таким образом – двоюродным племянником Даду Дадли.

В юности Абрахам был отправлен для обучения в Бирмингем к Джонатану Фриту, который занимался строительством солодовых мельниц. Под влиянием Фрита, члена общины квакеров, Абрахам проникся их идеями и на всю жизнь стал активным членом общины. После окончания обучения, в 1699 г., он женился на Мэри Сержант и уехал в Бристоль, чтобы начать карьеру строителя мельниц.

Проработав некоторое время в Бристоле, Абрахам приобрел среди членов местной общины квакеров репутацию человека умелого и предприимчивого и в 1702 г. был приглашен ими в состав учредителей Бристольской компании латунного литья, которой принадлежал литейный завод Baptist Mills в Бристоле. Компания производила преимущественно кухонную утварь, в частности горшки. Для ознакомления с литейным мастерством Абрахам в 1704 г. предпринял поездку в Голландию.

Бристольская компания столкнулась с проблемой низкой стойкости глиняных форм, которые деформировались и трескались при заливке в них металла. Для решения этой проблемы Дарби разработал и внедрил новую технологию отливки в песчаные формы. Это позволило сделать горшки продукцией массового производства, улучшить их качество и снизить издержки за счет уменьшения толщины стенки. Для производства литой посуды по новой технологии Дарби в 1704 г. орга-

низовал литейное предприятие Cheese Lane Foundry. Первоначально оно производило посуду из латуни, однако уже в 1705 г. перешло на использование чугуна. Для этого молодой подмастерье Джон Томас предложил новую конструкцию песчаной формы, что позволило максимально снизить толщину стенки и массу горшков. Дарби взял патент на этот метод чугунного литья в 1707 г., его преемники продавали такие горшки в Уэльсе и Англии и были практически монопольными поставщиками.

Бристольские квакеры активно обсуждали планы расширения латунолитейного производства в других частях Британии, однако Абрахам Дарби принял решение продолжать свои изыскания в области чугунолитейного дела. С этой целью он с семьей и Джоном Томасом, который стал его компаньоном, перебрался в Коалбрукдейл.

В сентябре 1708 г. Абрахам Дарби взял в аренду доменную печь, разрушенную взрывом в 1703 г. (позднее она стала носить название «Старая домна»), и начал работы по ее восстановлению и задувке. Сохранилась книга его записей за период с 20 октября 1708 г. по 4 января 1710 г. В ней упоминается о производстве «обугленного» («charked») угля в январе 1709 г. Печь была задута 10 января. Часть чугуна разливалась в чушки и сплавлялась на баржах по реке Северн для продажи в литейные мастерские Бристоля, однако большая часть шла на производство литой продукции. В тот год Абрахам Дарби продал 81 т чугунных изделий.

Неоспоримым является тот факт, что с самого начала работы доменной печи в Коалбрукдейле Дарби использовал специально подготовленный каменный уголь. Возможно, ему помогло то обстоятельство, что угли Шропшира крупнокусковые и относительно малосернистые. Тем не менее он продолжил эксперименты с различными видами угля, в частности получал грузы угля из Бристоля и Нита.

Абрахам Дарби непрерывно продолжал свои опыты; одна из его записей, относящаяся к 1713 г., говорит об использовании в доменной печи смеси из кокса, торфа и угольной мелочи. Кроме того, важной заботой были финансовые вопросы и расширение производства. Предприятие финансировалось за счет кредита, взятого у видного бристольского квакера и предпринимателя Томаса Голдни, а также за счет партнеров Дарби: Г. Пранкарда, Дж. Петерса и Д. Чемберлена. В 1714 г. Дарби и его партнеры продлили аренду предприятия до 1717 г. и приступили к постройке второй доменной печи, которая была запущена около 1718 г. Осуществлялось несколько проектов по организации производства в других областях Британии, однако все они не были завершены к моменту смерти Абрахама Дарби. Умер он 8 марта 1717 г. в своем доме в Медели Корт после 18 месяцев болезни. Было ему всего 39 лет. Похоронен Абрахам I Дарби на квакерском кладбище в Брозли в графстве Шропшир. Спустя несколько месяцев скончалась его жена.

УСПЕШНЫЕ ОПЫТЫ АБРАХАМА II ДАРБИ

Смерть Абрахама Дарби, бывшего душой предприятия, привела дела в беспорядок. Его собственная доля была заложена Томасу Голдни, который оставался «мажоритарным акционером» до своей смерти в 1731 г. Ричард Форд, женатый на дочери Абрахама Мэри, стал управляющим, однако после смерти жены Абрахама Дарби ее брат Томас Бэйлис выступил как кредитор и попытался продать завод. Старшему сыну – Абрахаму II – было на тот момент всего 6 лет, два его брата были еще младше. Их дядя и опекун Джошуа Сержант выкупил несколько долей предприятия от имени детей, а самих братьев устроил в школу. Абрахам II начал участвовать в управлении предприятием с 1728 г., когда ему было 17 лет; только в 1738 г. он стал полноправным партнером, а в 1745 г. – управляющим.

За прошедшее с момента смерти Абрахама I время округ обезлесился, и реальной стала опасность оставить завод в скором времени без топлива. Для решения проблемы необходимо было закончить начатую отцом работу, и Абрахам II принялся за дело со всей возможной энергией. Сначала он пытался смешивать каменный уголь с древесным, но вынужден был отказаться от этого. Тогда он занялся усовершенствованием приемов приготовления кокса, увеличением мощности воздуходувок, а для связывания серы в шлак придумал подмешивать к руде негашеную известь.

Наконец в 1735 г. Абрахам II достиг цели – получения чугуна только на каменноугольном коксе. Согласно преданию, «он оставался сам возле доменной печи в продолжение шести дней и шести ночей, почти без сна, принимая пищу тут же, рядом с колошником. Вечером шестого дня, после более чем одного разочарования, опыт удался и выпуск металла произошел как нельзя лучше. Тогда Дарби уснул тут же, у порога топливника так крепко, что рабочие не могли его добудиться и отнесли его домой, за четверть мили от завода». С этого момента «неразрывный отныне союз между каменным углем и железом» открыл для английской металлургии блестящую будущность.

Однако нововведение не было внедрено повсеместно и сразу. Первое публичное сообщение об этом изобретении было сделано только в 1747 г. в Королевском обществе профессором Мазоном из Кембриджского университета: «Несколько раз пытались употребить каменный уголь для плавки железной руды, и я не верю, чтобы когда-либо добились при этом успеха... Следует сделать исключение для мистера Форда из Коалбрукдейла в Шропшире: из местной железной руды и местного каменного угля он производит, по желанию, ломкий чугун и чугун ковкий. Пушки, изготовленные с помощью этого метода, оказались из такого ковкого металла, что его можно сверлить и обрабатывать на токарном станке, как ковкое железо».

Промышленность на реке Тайн: железо и уголь. Художник Уильям Белл Скотт. XIX в.

Новый способ стал общеупотребительным только около 1780 г., однако жалобы на недостаток горючего продолжали раздаваться еще долго после того, как изобретение сделало их беспочвенными. В континентальной Европе первая доменная плавка с использованием в качестве топлива только кокса была проведена на заводе во французском департаменте Ле-Крезо в 1785 г.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ ДАРБИ

Завершая наше «расследование» по проблеме использования каменного угля при производстве чугуна и его переделе в железо, можно предположить следующую последовательность шагов, предпринятых для ее решения.

Первые опыты коксования каменного угля были сделаны в Англии в начале XVII в. по аналогии с обугливанием древесины. Пригодные для этой цели угли «переугливались» в тиглях, закрывавшихся глиняными крышками, за счет доставляемой извне теплоты. К середине XVII в. этот процесс был уже настолько хорошо разработан, что применялся в промышленном масштабе. Например, пивовары отдавали предпочтение коксу по сравнению с древесным углем. Об этом упоминается в отрывке из книги XVII в., приведенном в качестве эпиграфа к этому очерку. Итак, проблема получения из угля прочного кускового материала, который можно было без опаски загружать в доменную печь, была решена задолго до опытов Дадли. Оставалось решить проблему серы, которая при коксовании удалялась в недостаточных количествах.

Изыскания в этом направлении в начале XVIII в. велись очень активно. Согласно представлениям того времени, именно «сера» отвечала за отвратительный запах горящего угля, т.е. «сернистыми соединениями» считали не только соединения серы в современном понимании, но и в целом летучие вещества, выделяющиеся из угля при его нагревании. Под «серой» в средневековье и в начале Нового времени вообще понимали широкий спектр веществ, что в дальнейшем привело к значительной путанице. Достаточно вспомнить «сернисто-солевую материю» Реомюра, под которой он подразумевал углерод.

Стремление сделать угольное топливо более удобным для использования в быту и в многочисленных производствах привело к вполне логичному выводу – для того чтобы вывести «сернистые соединения» из угля, его надо нагреть без доступа воздуха, аналогично тому, как обугливали дерево. Однако, как мы сейчас знаем, большая часть серы, связанная с нелетучим углеродом или находящаяся в составе золы, в условиях, характерных для коксования, остается в нелетучем остатке и лишь небольшая часть удаляется с газами.

Именно проблему использования высокосернистого (в сравнении с древесным углем) каменноугольного кокса при выплавке чугуна и удалось решить отцу и сыну Дарби. Они вовсе не разработали технологию коксования, как можно прочитать во многих российских источниках, а научились использовать большое количество кокса в доменной плавке, обеспечив переход серы в шлак и внеся в технологию плавки изменения, обусловленные различием в физических свойствах древесного угля и каменноугольного кокса. ❋

Глава 9

Полуметаллы и Революция в естествознании

Так же, как есть шесть видов металлов, есть – я доказал это достоверными экспериментами... – шесть видов полуметаллов... Я имел счастье быть первооткрывателем нового полуметалла, названного мной кобальт регулус, который ранее путали с висмутом...

Запись в дневнике Георга Брандта. 1741 г.

27
Co
Cobalt
58.93

Пятидесятилетний период, охватывающий последнюю четверть XVIII в. и первую четверть XIX столетия, часто называют «революцией в естествознании». Колоссальных успехов достигла химия, которая в это время практически и сформировалась как самостоятельная наука. Были открыты десятки новых химических элементов, создана теория горения (наконец-то окончательно опровергшая теорию флогистона), написаны первые учебники по химии разработана химическая номенклатура веществ – язык современной химии. Основополагающую роль в этих революционных преобразованиях сыграли шведские химики-металлурги, в подавляющем большинстве – выпускники Упсальского университета.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Основу современной индустриальной цивилизации составляют железо, алюминий, титан – металлы, производство которых составляет миллионы тонн в год. В тени этих «колоссов» (в количественном отношении) пребывают многие «мини-» и «микрометаллы», использование которых человеком ограничивается иногда десятками и сотнями тысяч тонн в год. Но их значение для современной индустрии огромно. Например, кобальт – первый химический элемент, открытие которого точно датировано, является универсальным компонентом стекла, применяемого для сигнальных фонарей, твёрдых сплавов – стеллитов, и уникальных магнитов, работающих в широком температурном диапазоне. Кажется, что эти мини- и микрометаллы являются достоянием сложных современных технологий, но в действительности многие из них – «бывшие полуметаллы» – внесли существенный вклад в развитие металлургических технологий гораздо раньше – в эпохи средневековья и Нового времени. Благодаря этим металлам были разработаны ресурсосберегающие технологии переработки металлургических пылей и шламов, заложены основы целого направления – металлотермии – главного наукоёмкого и инновационного сегмента современной металлургии. Потенциал микрометаллов начинает активно осознаваться и использоваться, и уже ближайшее будущее должно убедительно продемонстрировать истинные возможности «малой» металлургии.

МЕТАЛЛЫ В ГАРМОНИИ МИРОЗДАНИЯ

Упомянутые гениальным шведским металлургом, химиком и минералогом Георгом Брандтом шесть металлов – это известные человечеству на протяжении тысячелетий золото, серебро, медь, железо, олово, свинец, а шесть «полуметаллов» – это ртуть, висмут, цинк, сурьма, кобальт, мышьяк. Как можно видеть, пять полуметаллов (по классификации Брандта) также были знакомы человеку, по крайней мере, со времен Древнего мира. Почему же вис-

Упсальский университет был основан в 1477 году. Король Густав-Адольф пожертвовал заведению все свои фамильные богатства.

мут, цинк и сурьму (о мышьяке особый разговор) выделили в особую категорию веществ? Эти металлы производились в ограниченных количествах в странах Востока и имели специфические области применения. Средневековые европейские алхимики не решались считать их полноценными металлами по двум, весьма существенным для того времени, причинам. Во-первых, они руководствовались правилом, согласно которому число металлов должно было соответствовать числу планет («семь металлов создал свет по числу семи планет»). Во-вторых, эти металлы плохо поддавались ковке, в то время как ковкость считалась основополагающим свойством металлов (исключением являлась ртуть, признававшаяся «душой», своеобразным «носителем» свойств металличности). В связи с этим цинк, сурьма и висмут были выделены в особую группу веществ и названы полуметаллами.

В 1735 г. Георг Брандт опубликовал диссертацию «О полуметаллах», под которыми учёный понимал вещества, по внешнему виду и удельной массе подобные металлам, но в отличие от них не поддающиеся ковке. Открытие кобальта позволяло построить новую классификацию простых веществ, базирующуюся на принципах высокой гармонии: 6 металлов и 6 полуметаллов. Кстати, и планет в гелиоцентрической системе Коперника, получившей к этому времени признание в передовых университетских кругах, тоже было шесть.

ГЕОРГ БРАНДТ

Георг Брандт родился в Стокгольме 21 июля 1694 г. Начал заниматься химией уже с раннего детства, помогая ставить опыты своему отцу – сначала аптекарю, а затем управляющему металлургическими предприятиями. Учился в Упсальском университете, а в 1721–1724 гг. совершенствовался в науках в Лейденском университете в Голландии под руководством выдающегося голландского химика Бургаве. Проучившись в Лейдене три года, Брандт направился в Реймс, где получил диплом доктора медицины, затем в Гарц для изучения горного дела и металлургии. Только после этого он вернулся в Швецию.

В 1727 г. Брандт был назначен руководителем химической лаборатории в Совете рудников Швеции, а с 1730 г. – начальником Королевского монетного двора. Именно в его лаборатории Брандт провёл свои важнейшие исследования (между прочим, и в других европейских странах, в том числе в России, первые химические лаборатории были созданы при Монетных дворах.) Брандт изучал мышьяк и его соединения, соду и поваренную соль; участвовал в организации производства латуни на базе шведских цинковых месторождений.

Основные научные работы Брандта были посвящены изучению химических свойств мышьяка и его соединений. В 1733 г. он опубликовал подробные исследования мы-

шьяка, в которых обосновал металлическую природу «серого мышьяка» и доказал, что «белый мышьяк» является оксидом. В 1735 г. в диссертации «О полуметаллах» уже состоявшийся ученый рассмотрел способы получения ртути, висмута, сурьмы, цинка. И в том же 1735 г. он открыл новый элемент – кобальт, первый металл, который не был известен в древности. Скончался автор первого датированного открытия химического элемента 29 апреля 1768 г.

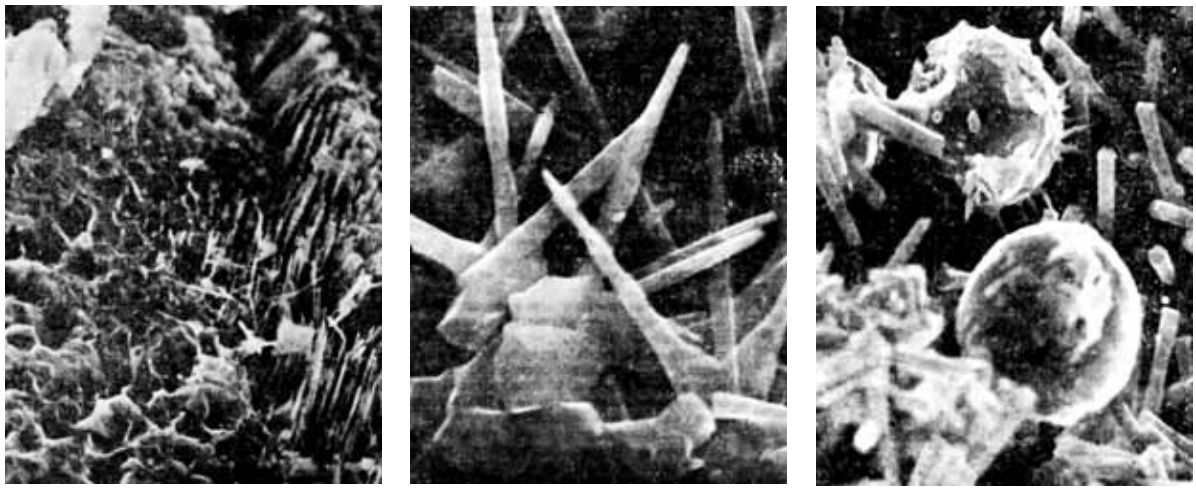
Когда Георг Брандт умер, выдающийся шведский естествоиспытатель Карл Линней сказал: «Король может потерять свою армию, – но не пройдет и года, как он получит новую, нисколько не хуже. Король может потерять свой флот, – но не пройдет и двух лет, как будет снаряжен другой. Но другого Брандта королю не получить за все время пребывания на престоле».

ЦИНК

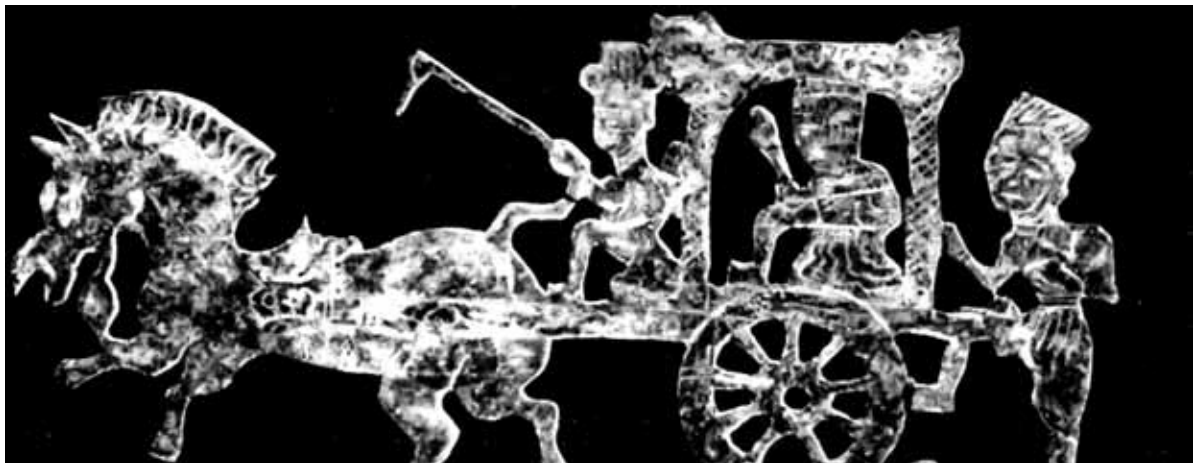
Исследования последних десятилетий показали, что многие металлы в исключительных условиях могут существовать в природе в самородном состоянии. К таким металлам относятся вышеупомянутые полуметаллы цинк, сурьма, висмут, а также алюминий.

Самородный цинк, например, был найден в 60-х гг. прошлого столетия на южном склоне Чаткальского хребта в Средней Азии. Он представлял собой мелкие, диаметром в 1…2 мм, шарики, иногда с пустотами внутри. Предполагается, что механизм образования самородков цинка заключается в конденсации капелек металла из газовой фазы на поверхности затвердевшего магматического расплава в восстановительных условиях, например на поверхности контакта с угольными пластами.

Возможно, древнейшим изделием из самородного цинка является небольшое украшение в виде трубочки, найденное во время раскопок селения Мешоко в предгорьях Северного Кавказа в начале 1960-х гг. Эта находка датируется серединой 3-го тысячелетия до н. э. Первые письменные упоминания о цинке относятся к V в. до н. э. В индийских эпосах этого времени говорится о необычном металле, из которого изготавливали пластины синевато-белого цвета.



Микроструктура самородного цинка (слева направо): а – нитевидные кристаллы цинкита (оксида цинка) на поверхности самородного цинка; б – кристаллы цинкита, сросшиеся в друзу; в – шарики самородного цинка на концах кристаллических нитей



Изображение на цинковом листе. Китай. I в. до н. э.

Сложность извлечения цинка из его минералов заключается в том, что он имеет низкую температуру возгонки: пары цинка образуются при температуре 906 °С. При этом температура плавления металла составляет 420 °С. Поэтому в обычных тиглях, в которых плавили медь, бронзу и другие металлы, происходили возгонка цинка, окисление его до оксида – цинкита, и последующая конденсация снова в окисленном состоянии. Введение в тигель древесного угля не решало проблемы, потому что в этом случае в качестве окислителя парообразного цинка выступал диоксид углерода. Секрет получения металла заключался в том, что его восстановление проводили в герметически закрытых тиглях, от которых отводились трубки в охлаждаемые сосуды. Именно в них цинк и конденсировался в жидкость, а затем застывал в виде блестящего металла.

На территории Европы производить металлический цинк впервые научились на Балканах. Известно, что этим искусством владели металлурги, жившие в начале новой эры на территории Трансильвании. Здесь археологами был обнаружен металлический идол, отлитый из сплава, содержание цинка в котором превышает 85 % масс. Впоследствии по неизвестным причинам производство металла на территории Европы было прекращено и он стал ввозиться в небольших количествах из стран Востока.

Повторное открытие технологии извлечения цинка из руд в Европе приписывается известнейшему алхимику средневековья Альберту Великому, епископу Регенсбургскому. Историки, изучившие научные трактаты алхимика, пришли к выводу, что именно ему и его ученику Фоме Аквинскому удалось получить металлический цинк. Современное название металлу дал другой выдающийся алхимик, более известный как врач и целитель, Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенхайм, более известный как Парацельс: «цинкум», что значит «белый налет». В древности распространенным названием этого металла было «тутия» (туция), данное ему Страбоном и означающее «фальшивое серебро», хотя правильнее его было бы называть фальшивым золотом.

В своих сочинениях, относящихся к 330 г. до н. э., наставник и биограф Александра Македонского греческий философ Аристотель упоминает знаменитую индийскую чашу царя персов Дария. Её очень трудно было отличить от золотой, хотя изготовлена она была из медно-цинкового сплава (латуни). Распознавать благородный металл и сплав Ари-

Латунь превосходит медь по целому ряду металлургических свойств. Она обладает более высокой жидкотекучестью и коррозионной стойкостью, у неё выше прочность и твердость, в то же время латунь более пластична при соответствующей обработке

стотель предлагал на вкус: питьё из золотой чаши или кубка не оставляло во рту побочных ощущений; когда же посуда была из сплава, чувствовался металлический привкус.

Достоверно известно, что производить латунь в начале 1-го тысячелетия до н. э. умели в Индии, в Египте и на юго-восточном побережье Черного моря (здесь обитал легендарный «народ металлургов» – моссинэки). Для выплавки латуни в тигли помещали шихту, состоявшую из меди, древесного угля и цинковой руды, которую греки называли «галмеем». Такой способ производства металла описывается в произведениях древнегреческих ученых Плиния Старшего и Аристотеля. Аристотель упоминает также самородную латунь, которую добывали в Индии и Персии.

Латунь превосходит медь по целому ряду металлургических свойств. Она обладает более высокой жидкотекучестью и коррозионной стойкостью, у неё выше прочность и твердость, в то же время латунь более пластична при соответствующей обработке. Можно утверждать, что широкому распространению латуни в эпохи Древнего мира и средневековья препятствовала только редкость месторождений цинковых руд. Средневековье оставило нам немало упоминаний о цинке. Описания выплавки этого металла можно встретить в китайских и индийских источниках VII–VIII вв. Знаменитый венецианский путешественник Марко Поло, посетивший в конце XIII в. Персию, упоминал в своей книге о том, как получали цинк персидские мастера.

ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

В позднем средневековье было налажено производство оксида цинка в качестве попутного продукта переработки полиметаллических свинцовых, медных и серебряных руд. С этой целью к печам, в которых плавили руды, пристраивались специальные камеры для пылеулавливания.

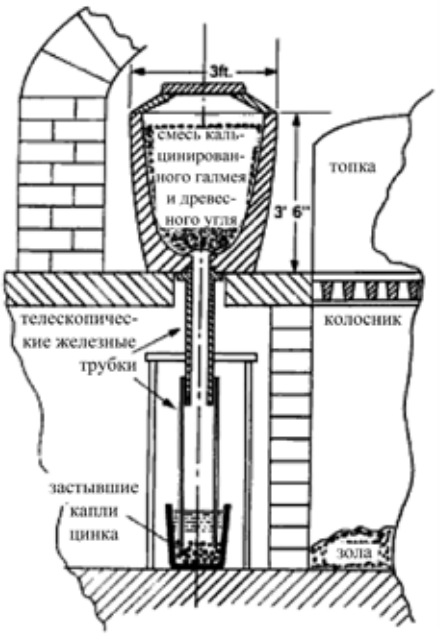
Агрикола описывает конструкцию средневековых пылеуловителей следующим образом: «две или большее количество печей объединяют под общим сводом, покоящимся на стене, к которой примыкают печи, и четырех столбах. Под этим сводом работают плавильщики. Дым из печей поднимается в сводчатую камеру через два отверстия. Чем шире камера, тем больше в ней собирается дыма. Посередине камеры над сводом имеется отверстие… К этому отверстию стягивается дым из обеих печей, поднявшийся с обеих сторон камеры к ее своду и затем опустившийся книзу, не найдя выхода.

Дым проходит через упомянутое отверстие в дымоход. К стенкам дымохода, проложенного в стене, прикреплены тонкие железные листы, на которые оседают мелкие металлические частицы, поднимающиеся с дымом, а более крупные частицы оседают в самой камере, нередко образуя настыли в виде сосулек.

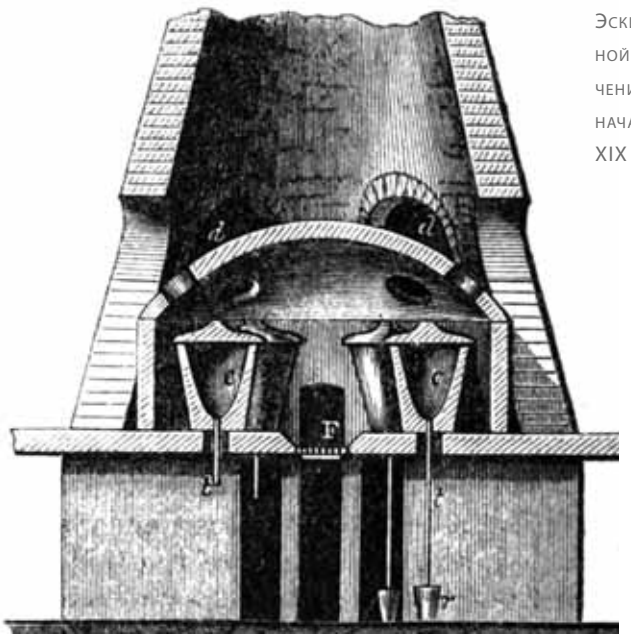
Средневековые пылеулавливающие системы:
А – общий вид пылеуловителя
(A – печи;
B – передние горны;
C – выпускные отверстия передних горнов;
D – нижние горны;
E – столбы;
F – пылеосадительная камера;
G – окно;
H – дымоходы;
I – чан для промывки угля);

Б – внутреннее устройство
(A – печи;
B – свод;
C – столбы;
D – пылеосадительная камера;
E – отверстие;
F – дымоход;
G – окно;
H – двери;
I – желоб).
Гравюры из труда Г. Агриколы «12 книг о металлах»

В одной стороне камеры делают окно и вставляют в него стекло, так что свет может проходить через него, а дым задерживается. На другой стороне камеры расположена дверь, которую держат закрытой во время плавки для того, чтобы дым не мог улетучиться. Дверь открывают, когда рабочий проходит в камеру, чтобы удалить сажу, помфоликс и сбить настыли. Настыли сбрасывают вниз по четырехугольному желобу, сколо-



Получение цинка по методу Уильяма Чемпиона. Схема установки (1738 г.)



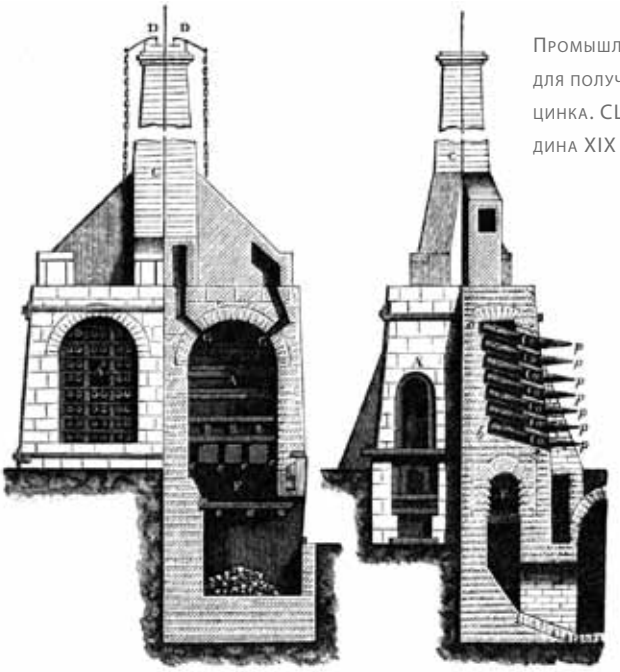
Эскиз промышленной печи для получения цинка (США, начало XIX в.)

ченному из четырех досок, который препятствует их распылению».

Помфоликс представлял собой соединения мышьяка, а настыли часто состояли из галмея – оксида цинка. Оба продукта плавки с успехом использовались.

Первый в Европе завод для производства металлического цинка был сооружен в английском городе Бристоле в 1743 г. – через четыре года после того, как Уильям Чемпион взял патент на дистилляционный способ его получения из окисленных руд. В принципе бристольская технология мало отличалась от той, которой пользовались древние безымянные металлурги при выплавке цинка и сурьмы. В период с 1820 по 1940 г. основным способом выплавки цинка в мире была технология Абби Дони.

Получение цинка по технологии Абби Дони. 1807 г.



Промышленная печь для получения цинка. США. Середина XIX в.

Природный сульфид сурьмы, стибнит, использовали в библейские времена в медицине и косметике. Стибнит до сих пор используется в некоторых развивающихся странах в качестве лекарства

СУРЬМА

Минералы сурьмы были известны человеку уже в глубокой древности. Наиболее распространенный из них – стибнит (Sb_2S_3, другое название – антимонит) в определённых условиях может образовывать природную краску, называемую сурьмяной охрой. Многочисленные археологические исследования указывают на то, что начиная с 4-го тысячелетия до н. э. в Месопотамии, Средней Азии и Египте её широко применяли для подкрашивания глаз и тела. Впоследствии практика применения сурьмы в косметических целях стала известна в Греции и Римской империи, но наибольших масштабов использование сурьмяных косметических препаратов достигло в средневековье в странах Востока. Знаменитый ученый Аль Бируни из Хорезма в трактате «Собрание сведений для познания драгоценностей» неоднократно подчеркивал особую «полезность» применения сурьмяных красок для глаз.

Другой сферой применения сурьмы и её соединений в средневековье была медицина – из них изготовляли отхаркивающие и рвотные средства. Чтобы вызвать рвоту, пациенту давали вино, выдержанное в сурьмяном сосуде.

Главной областью применения сурьмяных минералов уже в бронзовом веке стало их использование при выплавке бронз. Бронзы с высоким содержанием сурьмы (до 20 % масс.) обнаружены при раскопках на Кавказе, в Египте, на Ближнем Востоке, в Скандинавии и Британии. Применялись сурьмяные минералы и при производстве глазурей и эмалей для придания им различных оттенков жёлтого цвета.

За всю эпоху Древнего мира известны только три случая применения металлической сурьмы. Известным археологом Петри во время раскопок в Эль-Лахуне были найдены несколько маленьких бусинок, в Хорсабаде обнаружена табличка из металлической сурьмы, а в Телло (Месопотамия) – небольшая металлическая ваза. Все эти находки могут быть объяснены использованием самородной сурьмы, которая, хотя и очень редко, всё же встречается в природе в полиметаллических медно-сурьмяных месторождениях.

Достоверно известно, что выплавка сурьмы тигельным способом была освоена в раннем средневековье в странах Востока: Индии, Китае и Арабском халифате. В Европе этот металл научились выплавлять, по-видимому, в XII или XIII в.

Выплавка сурьмы:
A – горящий очаг;
B – поленья;
C – незажжённый очаг с установленными горшками;
D – камни;
E – ряды горшков;
F – верхние горшки;
G – нижние горшки.
Гравюра из труда Г. Агриколы «12 книг о металлах»

ПЛАВКА СУРЬМЫ ПО АГРИКОЛЕ

Согласно описанию Агриколы, сурьмяные руды плавили в «двойных тиглях» следующим образом: «Верхняя часть двойного тигля похожа на стеклянный сосуд,…сужающийся книзу. Нижняя часть представляет собой сосуд с плоским дном… Нижний сосуд необходимо до краёв закопать в землю или золу. Руду, раздробленную на мелкие куски, кладут в верхние сосуды и плотно закупоривают их мхом. После этого их переворачивают дном кверху вставляют в отверстия нижних сосудов. Щель в месте соединения обоих сосудов промазывают глиной для того, чтобы выделяющаяся в них сурьма не могла улетучиться.

Горшки изготовляют из лучшей глины. При наличии пороков в горшках сурьма улетучивается с дымом. По этой причине строение должно быть открыто со всех сторон и доступно ветру. Горшки, сделанные из литой меди, предпочтительнее, они долго противостоят действию огня.

Сурьмяные руды, свободные от (примесей) других металлов, плавятся в верхних горшках. Обычно на очаге устанавливают 700 двойных горшков. Со всех сторон их должна окружать смесь измельченной земли с древесным углем, из которой верхние горшки выступают на 1/2 фута. По обеим сторонам горна кладут глыбы породы, а на них шесты и поперечные жерди. Окончив работу, плавильщик тушит огонь водой, снимает крышки с горшков, набрасывает на них и вокруг них землю, смешанную с золой, и, когда они остынут, извлекает из них ковриги (слитки металла)».

«ХИЩНЫЙ» СИМВОЛ

Алхимики обозначали сурьму фигурой волка с открытой пастью. Такой «хищный» символ, выбранный для этого металла, был связан со способностью сурьмы растворять (пожирать) практически все известные в средневековье металлы. На рисунках алхимиков весьма распространенным сюжетом был волк, пожирающий солнце или царя; зная алхимическую символику, этот рисунок можно расшифровать как реакцию образования сплава сурьмы с золотом.

Наиболее подробным источником описания свойств и способов получения сурьмы, её сплавов и соединений в европейской средневековой научной литературе является известная книга «Триумфальная колесница антимония», вышедшая в 1604 г. Её автором долгое время считался алхимик монах-бенедиктинец Василий Валентин. В настоящее время распространение получила версия, согласно которой «Василий Валентин» – это псевдоним неизвестного учёного.

Название «антимоний», данное Василием Валентином природному сульфиду сурьмы, некоторые специалисты трактуют как производное от древнегреческого слова «цветок». По наиболее распространенной версии название это, сохранившееся во многих языках, происходит из эллинистического Египта от греческих слов «антос аммонос» – «цветок бога Амона»: сростки игольчатых кристаллов минерала сурьмянистого блеска (антимонита) действительно напоминают цветы. Некоторые историки химии считают, что слово «антимоний» – производное от другого греческого словосочетания «анти монос», т.е. противник уединения; этим как бы подчеркивается тот факт, что в природе сурьма не встречается «в одиночестве», а всегда соседствует с другими элементами. Есть и иные версии, но в 1789 г. Антуан Лавуазье именно под таким названием включил сурьму в составленный им список известных к тому времени химических элементов.

Русское название «сурьма» происходит от турецкого «сюрме», что переводится как «натирание» или «чернение бровей». В старину на Руси бытовало выражение «насурьмить брови». Латинское название «стибиум» происходит либо от греческого слова «стиби» – так называли сурьмяный блеск, либо от слова «стимми», означавшего сурьмяную краску, которую гречанки использовали для косметических целей.

СРЕДНЕВЕКОВАЯ МЕТАЛЛОТЕРМИЯ

Высокая химическая активность сурьмы позволяла широко использовать её в средневековой металлотермии. Существовали многочисленные способы извлечения золота и серебра из полиметаллических руд с помощью сурьмы, очистки золота от примесей серебра и меди с помощью сурьмы и антимонита, очистки серебра от железа с применением сурьмы. Все эти технологии базировались на едином принципе. На первом этапе обработки сурьма образовывала устойчивые соединения с золотом (или серебром), в то время как другие металлы оставались в виде сульфидов, на втором этапе выделенные стибниты золота подвергались воздействию струи горячего воздуха –

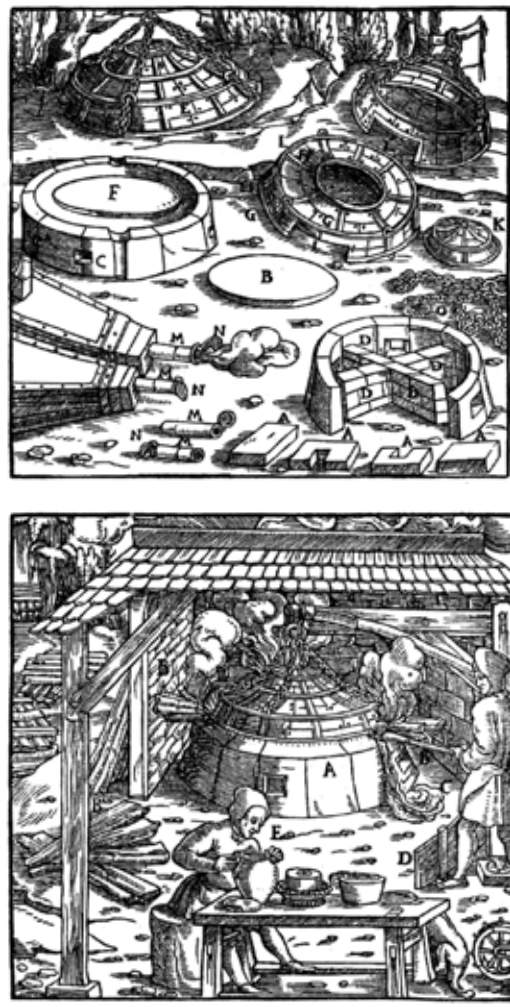
Воздушная и золотокузнечная печи:
A – печь, в которую воздух входит через отверстия;
B – золотокузнечная печь;
C – глиняный тигель;
D – железный тигель;
E – колода.
Гравюра из труда Г. Агриколы «12 книг о металлах»

сурьма окислялась и улетучивалась в виде оксидов, и получалось чистое золото.

Вот как описывает металлотермическое применение сурьмы Агрикола:

• обработка золотоносной породы: «1 фунт измельченной золотой руды смешивают с 1/2 фунта также измельчённой сурьмы и кладут в тигель вместе с половиной унции медных стружек, нагревают смесь, пока она не расплавится, а затем в этот же тигель кладут 1/6 часть зернистого свинца. Как только смесь начнет издавать запах, к ней добавляют железные стружки или железную окалину. Расплав выливают из глиняного тигля и охлаждают. Затем его плавят в капели до тех пор, пока не испарится сурьма, и далее, пока не отделится свинец. Таким же способом плавят измельчённые колчеданы, содержащие золото, причем берут одинаковое по массе количество их и сурьмы»;

• отделение золота от серебра: «в нагретый глиняный тигель кладут золото, содержащее примеси серебра. Как только золото расплавится… добавляют понемногу сурьму так, чтобы она не разбрызгивалась. Закрывают тигель крышкой и нагревают смесь в течение необходимого времени. Затем смесь выливают в железный тигель, расширяющийся кверху и сужающийся книзу, помещенный в железную или деревянную колоду. Сильным встряхиванием золото заставляют осесть на дно, а когда тигель остынет, золото из него выбивают и еще четыре раза переплавляют указанным образом. При этом каждый раз к золоту добавляют все меньше сурьмы… Слиток золота плавят в капели, а сурьму (содержащую золото и серебро) три или четыре раза переплавляют в глиняном тигле. Каждый раз образуется слиток золота, а всего получается три или четыре слитка, которые сплавляют вместе в капели.



Купеляционная печь:
А – основные элементы конструкции
(A – прямоугольные камни;
B – круглая плита;
C – отверстия (отдушины);
D – внутренние стены;
E – колпак;
F – тигель;
G – кольца;
H – стержни;
I – отверстия в колпаке;
K – крышка колпака;
L – кольца;
M – трубы;
N – клапаны;
O – цепи);

Б – работа печи
(A – печь;
B – дрова;
C – серебряный глет;
D – железный лист;
E – мастер ест масло, для того чтобы яд, выделяющийся из горна, не причинил ему вреда, так как масло служит противоядием).
Гравюра из труда Г. Агриколы «12 книг о металлах»

К 2 1/2 фунта такой сурьмы добавляют 2 фунта винного камня и 1 фунт стеклянной пены и плавят эту смесь в глиняном тигле. Образующийся слиток переплавляют в капели. Напоследок сурьму плавят в капели с добавлением небольшого количества свинца, причем остается только серебро, а все остальное пожирается огнем. Если сурьму до плавки её в капели не плавят в глиняном тигле с добавлением винного камня и стеклянной пены, то часть серебра поглощается золой и порошком, из которого приготовлена капель. Тигель, в котором плавится сплав золота и серебра с сурьмой, так же как и капель, ставят в воздушную или золотокузнечную печь».

«Отделение серебра от железа (железной руды) производится следующим образом. Равные части железных опилок и сурьмы бросают в глиняный тигель. Его прикрывают покрышкой, обмазывают и ставят в самодувную печь. После их расплавления и охлаждения сплава тигель

следует разломать, извлечь осевший на его дно королек, растереть последний в порошок и вновь расплавить с добавлением к нему такого же количества свинца в другом глиняном тигле. И наконец, королек опускают в купель, в которой и производится отделение свинца от серебра» .

Описанные Агриколой технологии просуществовали до XVIII в. Вскоре после изобретения книгопечатания сурьма превратилась в постоянный компонент типографских сплавов. Агрикола писал по этому поводу: «Если путём сплавления определённая порция сурьмы прибавляется к олову, получается типографский сплав (гарт), из которого изготовляется шрифт, применяемый теми, кто печатает книги». Содержание сурьмы в типографских сплавах в зависимости от их назначения колеблется от 3 до 25 %. Она придаёт сплавам твёрдость, понижает температуру плавления и усадку при переходе из жидкого состояния в твёрдое.

Расплавленная сурьма в отличие от других металлов (кроме висмута и галлия) при затвердевании увеличивается в объёме. Поэтому при отливке шрифта типографский сплав, содержащий сурьму, застывая в литейной матрице, расширяется, благодаря чему плотно её заполняет и, следовательно, очень точно воспроизводит зеркальное изображение буквы, цифры или какого-либо иного знака, который затем, при печати, должен быть перенесен на бумагу. Помимо этого, сурьма придаёт типографскому сплаву твердость и износостойкость – весьма важные свойства, если учесть, что каждая литера выполняет свои функции десятки тысяч раз.

ВИСМУТ

Висмут долгое время считался разновидностью сурьмы, свинца или олова. Известен самородный висмут, который является спутником месторождений серебра, сульфидных руд свинца, цинка, меди, железа, а также руд, содержащих сульфиды и арсениды кобальта и никеля. Согласно наиболее распространенной версии, название металла происходит от арабского «би смид», что означает «подобный сурьме». Однако, по мнению некоторых исследователей, название элемента может иметь европейское происхождение: например, от древнегерманского слова «wismuth» (белый металл) или от немецких слов «wiese» (луг) и «muten» (разрабатывать рудник).

Так же как и сурьма, висмут применялся в типографском деле, кроме того, он использовался для выплавки специальных бронз. Оригинальное применение в XVI в. нашёл нитрат висмута. Его получали выпариванием раствора висмута в азотной кислоте. В результате получали косметическое средство, которое называлось испанскими белилами и было очень популярным в своё время. Уже тогда было обнаружено обеззараживающее и противовоспалительное воздействие висмута на кожу и органы пищеварения. На основе висмута были разработаны первые препараты для эффективного лечения сифилиса.

Получение висмута в средневековье:
А – плавка богатой висмутной руды
(A – ящик;
B – ось;
C – перекрещивающиеся брусья;
D – решетка (колосники);
E – ножки у решетки;
F – горящие дрова;
G – шест;
H – тигли для плавки висмута;
I – малые тигли;
K – ковриги (слитки);
L – вилы;
M – метла);

Б – плавка висмутного концентрата
(Л – дрова;
B – кирпич;
C – тигли;
D – печь;
E – тигель;
F – труба;
G – нижний тигель)

Первые сведения о металлическом висмуте, способах его добычи и производства содержатся в трудах Георгия Агриколы. В средневековье главным источником висмута был минерал висмутин, или висмутовый блеск, представляющий собой сульфид висмута –Bi_2S_3. Встречались небольшие месторождения оксидов (висмутовая охра) и карбонатов металла, причем всегда по соседству с полиметаллическими рудами меди, олова, серебра и свинца. Агрикола подробно описал четыре способа плавки висмутных руд, как богатых и чистых от примесей, так и загрязненных концентратов.

Для богатой чистой руды Агрикола предлагает следующую технологию плавки: «…сколачивают ящик длиной 8 футов, шириной 4 фута и высотой 2 фута. Почти до краев его наполняют песком, а сверху кладут кирпичи, образуя, таким образом, очаг. В середине дна ящика укреплена вертикальная деревянная ось, которая вращается в отверстии крестовины, состоящей из двух толстых брусьев из твердой древесины, заделанных в землю. В обоих

Висмут в твёрдом состоянии имеет меньшую плотность, чем в жидком. Этим свойством обладают лишь немногие вещества, среди которых висмут и вода

концах каждого бруса сделаны отверстия, куда вставляются клинья, благодаря чему брусья остаются неподвижными, а ящик можно поворачивать по направлению ветра.

На очаге устраивают железную решетку, длина и ширина которой соответствуют длине и ширине ящика, а высота равна 3/4 фута. Решетка имеет шесть ножек и столько поперечных стержней, что они почти касаются друг друга. На решетку кладут сосновый хворост, на него – измельчённую руду, а сверху – опять слой хвороста, который поджигают. При этом плавится руда и из неё капает висмут. Поскольку дров расходуется очень мало, этот способ плавки висмута является самым выгодным. Висмут сквозь решётку капает на очаг, а другие вещества вместе с древесным углем остаются на решетке. Когда работа окончена, плавильщики шестом поднимают и опрокидывают решётку вместе со всем содержимым. Висмут собирают метлой в корыто и путем переплавки его в железных тиглях изготовляют ковриги. Остывшие тигли опрокидывают двузубыми вилами, на одном из зубцов которых имеется еще одна развилка. При этом ковриги вываливаются из тиглей. Далее плавильщики вновь приступают к своей работе».

Плавку висмутного концентрата Агрикола рекомендует вести в железных тиглях: «На кирпичи вдоль и поперек кладут сухие небольшие поленья, оставляя между ними промежутки приблизительно в 1/2 фута, и затем их поджигают. Поблизости ставят железные тигли, обмазанные изнутри глиной и наполненные измельченной рудой. Ветер относит к тиглям сильное пламя, и висмут выплавляется из руды. Для того чтобы он хорошо вытекал, руду перемешивают щипцами. Когда находят, что висмут полностью выплавлен, тигель берут щипцами и выливают металл в порожние изложницы, образуя из содержимого нескольких тиглей одну ковригу.

Руду, не содержащую кобальта (примесей), плавят в горне, похожем на кузнечный горн. В углубление его ставят тигель, изготовленный из измельченной глины, смешанной с древесным углем, и наполненный раздробленной рудой или концентратами, полученными при промывке, из которых выплавляется много висмута. При плавке руды употребляют угли вместе с небольшими кусками дерева, а при плавке концентратов – только угли. В обоих случаях применяют слабое дутьё мехов. Тигель снабжён небольшой трубкой, через которую расплавленный висмут стекает в изложницу, где образуется коврига».

КОБАЛЬТ

Полуметалл, открытие которого позволило Георгу Брандту построить свою гармоничную систему простых веществ, издавна имел дурную славу. В рудниках средневековой немецкой провинции Саксонии, которая была крупнейшим по тем временам центром добычи серебра, довольно часто находили руду, которая по всем внешним признакам казалась серебряной, но при плавке получить из нее драгоценный металл не удавалось. Более того, при обжиге такой руды иногда выделялся ядовитый газ (содержащий соединения мышьяка), отравлявший рабочих. Саксонцы объясняли эти неприятности вмешательством нечистой силы, коварных подземных гномов – кобольдов (от нем. Kobold – домовой, гном). По преданиям, от них же исходили и другие опасности, подкарауливающие рудокопов в подземельях. Со временем, когда научились отличать «нечистую» руду от серебряной, её назвали «кобольд».

Минералы кобальта, а практически все они содержат мышьяк, являются распространённой примесью в медных и железных рудах. Иногда их количество достигает нескольких процентов, что придаёт породе характерный синеватый оттенок. Эти минералы применялись еще в Древнем Египте, Вавилоне, Китае для окрашивания стёкол и эмалей в синий цвет. Для той же цели в средневековой Европе стали пользоваться «цафрой», или

«сафлором», – серой землистой массой, которая получалась при обжиге некоторых руд, носивших название «кобольд». Известно, что рецепты приготовления красок для синего стекла из кобальтовых руд в XVI в. разрабатывали немецкие стекольные мастера Вейденхаммер и Шюрер. В 1679 г. известный химик Иоганн Кункель подробно описал процесс получения краски из руды «кобольд», но не всякая руда, отвечающая этому названию, удовлетворяла требованиям технологии её переработки.

Только после исследования Брандта было выяснено, что «сафр» (цафр), или «цаффер» – продукт прокаливания руды, богатой кобальтом, содержит оксиды кобальта. Сплавленный с песком и поташом цаффер образовывал смальту, которая и представляла собой краску для стекла. Кобальта в смальте содержалось 2…7 % масс. Но красящая способность оксида кобальта оказалась большой: уже содержание 0,0001 % масс. её в шихте придает стеклу голубоватый оттенок.

В 1735 г. Г. Брандт, нагревая в горне с дутьём смесь цафры с углём и флюсом, получил металл, который назвал «корольком кобольда». Вскоре это название было изменено на «кобольт», а затем на «кобальт». В диссертации Брандта, посвященной новому металлу, говорилось, в частности, о том, что из металла можно изготавливать сафру – краску, придающую стеклу глубокий и очень красивый синий цвет.

ЧУДЕСА ПРЕВРАЩЕНИЯ

Помимо смальты, существуют другие кобальтовые красители: синяя алюминиево-кобальтовая краска – тенарова синь; зелёная – комбинация оксидов кобальта, хрома, алюминия, магния. Область их применения гораздо меньше, чем смальты. Особого внимания заслуживает изменчивость окраски соединений кобальта. Чудеса «превращения» красок известны ещё с XVI столетия. Легендарной стала картина, написанная знаменитым врачом Парацельсом. Она изображала зимний пейзаж – деревья и пригорки, покрытые снегом. Дав зрителям вдоволь насмотреться, Парацельс слегка подогревал картину, и прямо на глазах у всех зимний ландшафт сменялся летним: деревья одевались листвой, на пригорках зеленела трава. В то время это производило впечатление чуда. Для современного химика в истории с картиной Парацельса нет ничего удивительного: такой эффект производят, в частности, кобальтовые краски. Хлористый кобальт, к которому добавлено соответствующее количество хлористого никеля, почти бесцветен. Но при нагревании соли теряют кристаллизационную воду, и цвет их меняется.

В начале XVIII в. свойство кобальтовых солей окрашиваться под действием тепла стало использоваться при изготовлении симпатических чернил: написанное такими чернилами на бумаге становится видимым только после того, как бумагу нагреют.

НИКЕЛЬ: РЕВОЛЮЦИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

Завершение эпохи полуметаллов и начало революции в естествознании было положено открытием никеля. В XVII в. в Саксонии, которая в те времена была главной «серебряной провинцией» Европы, была популярной легенда о насмешливом гноме – Старом Нике, который любил подразнить горняков и нередко подсовывал им вместо медной руды похожий на неё минерал купферникель NiAs (нем. Kupfer – медь, Nickel – горный дух, гном). Из купферникеля не удавалось выплавить ни меди, ни металла вообще. По имени этого гнома и был назван элемент, открытый в 1751 г. молодым шведским металлургом Акселем Фредериком Кронстедтом. «Купферникель – руда, которая содержит наибольшее количество... описанного полуметалла, – писал Кронстедт, – поэтому я дал ему то же имя, или, для удобства, я назвал его никелем».

Открытие Кронстедта долго оспаривалось: современники полагали, что никель – это не самостоятельный металл, а сплав уже известных металлов с мышьяком и серой. Кронстедт настаивал на индивидуальности никеля, ссылаясь в качестве «вещественных доказательств», в частности, на зелёную окраску его соединений и лёгкость взаимодействия с серой. Кронстедту приходилось бороться не только с физико-химическими, но и с астрологическими «доводами» своих оппонентов. «Число металлов превосходит уже число планет, в солнечном круге находящихся, – писал Кронстедт, – поэтому ныне размножения числа металлов опасаться не надлежит».

Кронстедт умер в 1765 г., так и не дождавшись признания своего открытия. И даже через десять лет после его смерти в «Энциклопедии» Дидро и Даламбера, высшем своде знаний эпохи, было напечатано: «Кажется, что ещё должны быть проведены дальнейшие опыты, чтобы убедить нас, есть ли этот королёк никеля, о котором говорит г. Кронстедт, особый полуметалл или его скорее следует считать соединением железа, мышьяка, висмута, кобальта и даже меди с серой».

В 1775 г. соотечественник Кронстедта, химик и металлург Т. Бергман, опубликовал результаты своих исследований, которые многих убедили в том, что никель действительно является металлом. Но окончательно споры улеглись лишь в начале XIX в., когда нескольким крупным химикам удалось выделить чистый никель. Полувековые усилия исследователей были подытожены Иеремией Рихтером, который известен в истории химии как один из основоположников стехиометрии. Свой весьма простой способ получения никеля он описал в 1804 г. в статье «Об абсолютно чистом никеле, благородном металле, его получении и особых свойствах». Но к этому времени уже были открыты марганец, барий, молибден, вольфрам, стронций, цирконий, уран, титан, хром, бериллий, ниобий, тантал, палладий, родий, осмий, иридий. Новая картина мира была нарисована, революция в естествознании состоялась. ❋

Глава 10

Пудлинговое железо

«Нет производства, где бы мускульная сила человека была подвержена таким тяже-лым усилиям и притом в столь изнуряющей обстановке».
Джон Перси

К НАЧАЛУ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ ПРОцесс извлечения железа из руд представлял собой доменную плавку на каменноугольном коксе с получением в качестве основного продукта чугуна. Однако чугун как инструментальный и конструкционный материал обладает рядом недостатков, основным из которых является его хрупкость. Из-за этого его применение ограничивалось изготовлением строительных конструкций, деталей машин, артиллерийских орудий и других изделий, не требующих от материала высокой вязкости; использовался он также для художественного литья. Для удовлетворения прочих потребностей в рабочем материале были необходимы сталь и ковкое железо.

Крица, прокованная вручную

Охлажденная крица, пропитанная шлаком

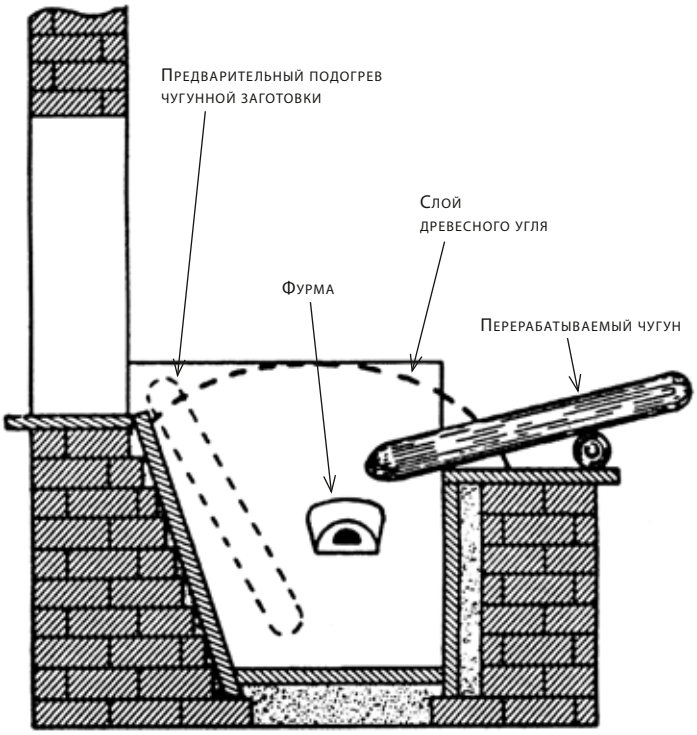
ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Металлургия вследствие многообразия химических процессов, технологических операций, конструкций и механизмов, огромных масштабов производства предоставляет огромные возможности для инженерного творчества. Но бывают случаи, когда наиболее эффективным решением оказывается грамотное использование уже известных технических решений, обеспечивающих достижение принципиально нового уровня технологий. Характерным примером такого решения является технология пудлингования чугуна, успешно внедренная Генри Кортом в разгар Промышленной революции.

ОЗДОРОВЛЕНИЕ ЧУГУНА

Процесс обезуглероживания чугуна – фришевание - был разработан в 1590-х гг. на территории Бельгии, откуда с некоторыми изменениями технологии распространился в Швецию, Англию и другие европейские страны. Продуктом этого процесса являлось так называемое сварочное ковкое железо, в отличие от кричного ковкого железа, получаемого в результате плавки в сыродутных горнах непосредственно из железной руды (процесс «прямого» получения железа). Принципиальной разницы между двумя видами ковкого железа нет – оба продукта представляли собой губчатую массу из сварившихся между собой частиц железа, пропитанную шлаком. Но кричное железо получалось путем восстановления из оксидов руды, а сварочное – в результате обезуглероживания чугуна.

Фришевание (дословно – «оздоровление», очистка, рафинирование) представляло собой переплав слитков (штыков) чугуна в кричном горне, заполненном раскаленным древесным углем, продуваемым подводимым



Основные элементы конструкции кричного горна

через фурму воздухом. В России для этого процесса применялся термин «кричный передел» или «свежевание». В ходе фришевания чугун плавился и стекал в виде капель по кускам угля в нижнюю часть горна. Содержащиеся в чугуне примеси (углерод, марганец, кремний, фосфор) окислялись кислородом вдуваемого воздуха и формирующихся в горне шлаков. Помимо примесей, при кричном переделе подвергалось окислению и железо. Угар его был очень большим и составлял от 8 до 25 % от массы перерабатываемого чугуна (в зависимости от технологии и содержания примесей), при переделе на сталь он доходил до 30 %. В нижней части горна постепенно накапливались частички обезуглероженного железа, которые при слипании формировали крицу. Масса крицы составляла от 60 до 130 кг, но иногда достигала 190 кг.

Чем медленнее плавился чугун, т. е. чем дольше он мог находиться в переходном, тестообразном состоянии, тем эффективнее происходило окисление. Высокое содержание в чугуне углерода и кремния сильно замедляло ход процесса, приводило к большому угару (окислению) железа и большим его потерям со шлаком. Окисление марганца также снижало скорость процесса, но зато его присутствие в сварочном шлаке способствовало очищению чугуна от вредных примесей. Сера, обусловливающая красноломкость железа (склонность к образованию трещин при ковке или прокатке в горячем состоянии),

удалялась очень трудно, в особенности при легкоплавких чугунах. Фосфор считался самой нежелательной примесью в чугуне, так как при кричном способе почти не удалялся, а своим присутствием делал железо хладноломким (склонным к образованию трещин при механическом воздействии на охлажденный металл).

Для улучшения условий фришевания получаемый в доменной печи серый чугун с высоким содержанием углерода подвергали операции «отбеливания», которая заключалась в частичном обезуглероживании и рафинировании. Эту операцию производили либо в доменной печи, изменяя технологию плавки после накопления в горне жидкого чугуна (увеличивали расход дутья, меняли угол наклона фурмы, добавляли железистые шлаки и пр.), либо в специальных «отбеливательных» горнах с применением фурм большего диаметра. Полученный таким образом белый чугун с низким содержанием углерода далее фришевали в кричных горнах.

Горючим материалом при кричном способе служил исключительно древесный уголь, поскольку он практически не содержит вредных примесей, дает мало золы

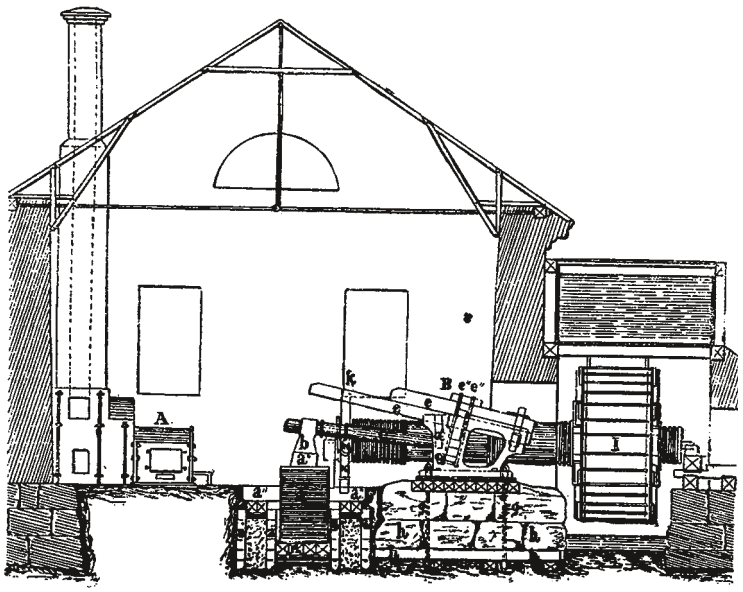


Схема предприятия для кричного передела по валлонскому способу

Размеры кричных горнов и технологические приемы существенным образом зависели от состава переделываемого чугуна (который определялся видом используемой руды) и местных металлургических традиций.

и развивает требуемую температуру в горне. Попытки применять торф, каменный уголь и кокс для кричного производст-ва были признанными неудачными из-за большого количества содержащихся в этих материалах примесей. Кокс, кроме того, создавал в горне чрезмерно высокую температуру.

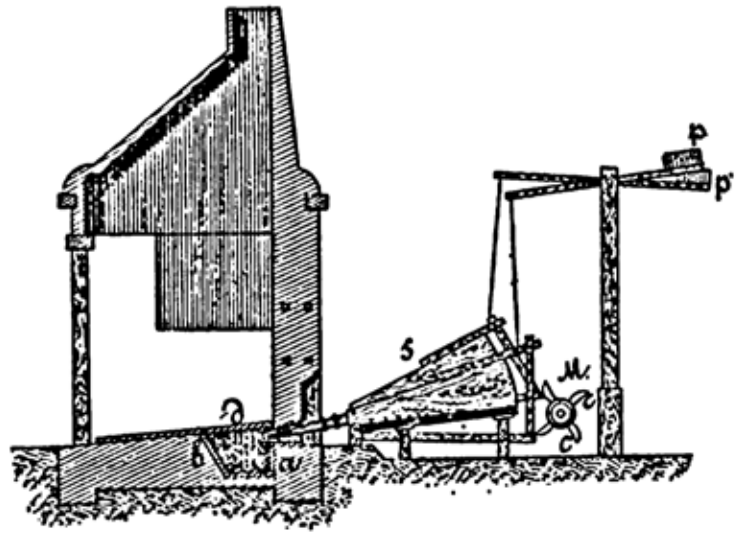
В качестве флюсов при кричном переделе часто использовались богатые железом шлаки и окалина, которые получаются попутно при кричном процессе и при дальнейшей обработке крицы. Они содержат до 80 % масс. оксидов железа, которые окисляют примеси чугуна, вследствие чего происходят обезуглероживание и очищение чугуна от кремния, серы и частично от фосфора. С целью удаления серы и фосфора применялись известь и порошок Шавгаутля (6 частей поварен-ной соли и 3 части перекиси марганца), который образовывал легкоплавкий шлак.

КРИЧНАЯ ФАБРИКА

Размеры кричных горнов и технологические приемы существенным образом зависели от состава переделываемого чугуна (который определялся видом используемой руды) и местных металлургических традиций. Поэтому существовало множество способов фришевания, которые можно разделить на 5 основных типов: 1) передел на сырцовую сталь; 2) передел на железо одной плавкой; 3) передел с «наваливанием»; 4) передел с подъемом, и 5) передел с напуском.

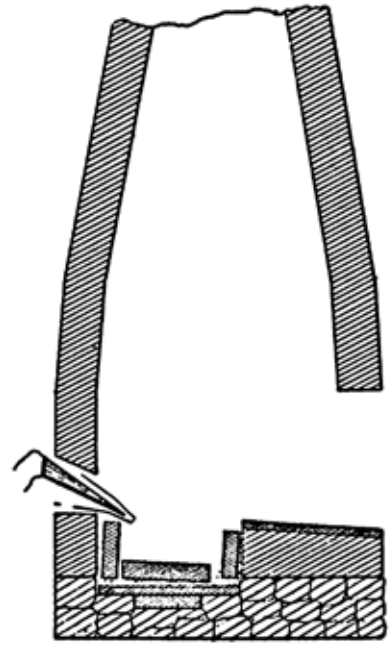
1. Получение сырцовой стали. При применении данной технологии удалялось меньше углерода, чем при получении железа, и полученный продукт представлял собой сталь. Конструкция горнов при этом практически не отличалась от традиционной (например, при тирольском способе в одном и том же горне получали при необходимости то сталь, то железо). Горны для производства стали делались менее глубокими, фурма устанавливалась ближе ко дну, увеличивался угол ее наклона (по отношению к плоскости пода горна), а подача дутья была менее интенсивной. На сталь переделывались обычно чугуны с высоким содержанием марганца, что позволяло перевести в шлак примеси и получить продукт удовлетворительного качества.

2. Кричный передел на железо одной плавкой, или работа на «соковом дне». Соком в России металлурги долгое время (до Петровских реформ) называли шлаки. По этой технологии переделывался либо чистый по примесям чугун без предварительной подготовки (австрийский, штирийский, зигенский способы), либо марганцевые (Flosse) и предварительно отбеленные чугуны (каринтийский, тирольский, зальцбургский способы).



Открытый кричный горн

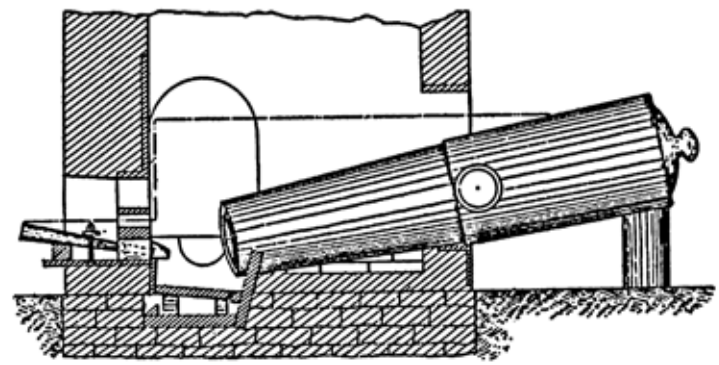
Большекричный или старонемецкий горн



Для подачи в горн необходимого количества воздуха сначала употреблялись обыкновенные мехи, наподобие кузнечных, приводимые в движение водяным колесом. Затем стали применяться водотрубные воздуходувные приборы - тромпы. В более позднее время для этой цели использовали воздуходувные цилиндрические машины, приводимые в движение паром или водяным колесом.

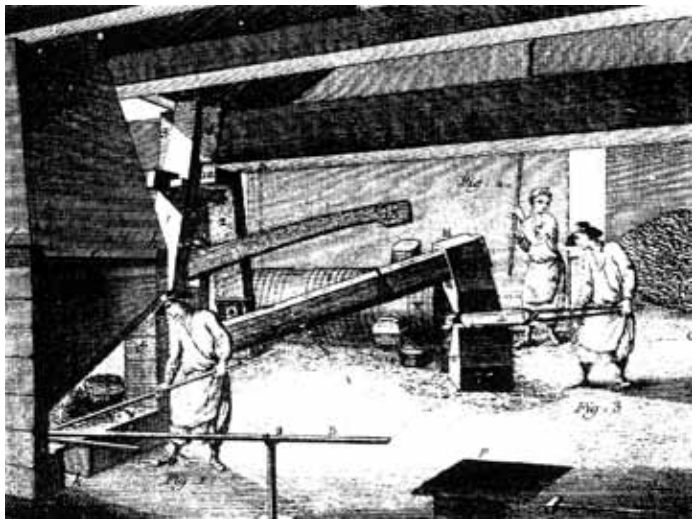
Все примеси окислялись за один проход металла через горн, и дополнительных ухищрений не требовалось. При этом особое внимание уделялось рафинированию крицы с помощью повышенного количества шлаков (отсюда и название «на соковом дне» – т.е. с высоким уровнем шлакового расплава в горне). Железо, приготовляемое переделом на «соковом дне», шло на производство проволоки и гвоздей. Наиболее совершенным способом в этой группе специалистами признавался австрийский. Технология предусматривала использование отходящих газов для подогрева чугуна, отопления паровых котлов, нагрева воздуха для дутья и т. п.

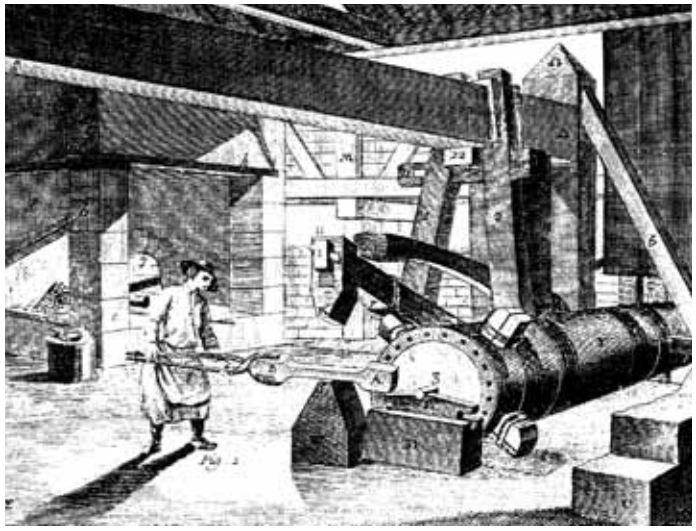
Вариант контуазского горна для тяжеловесных изделий

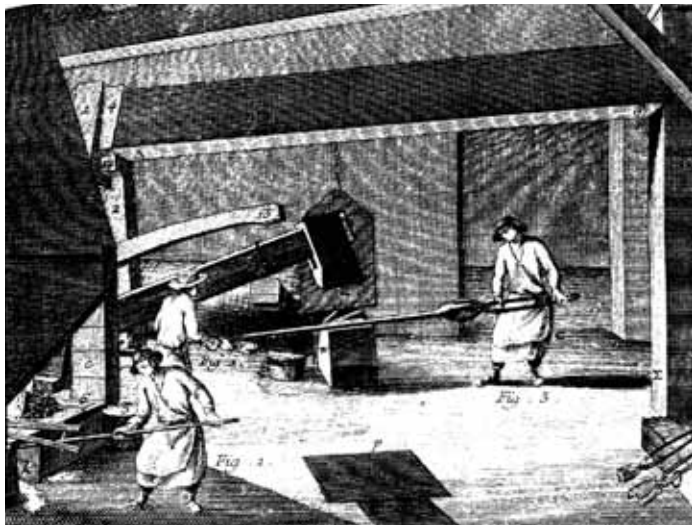


3. Передел с «наваливанием», или валлонский способ, характеризуется тем, что процесс осуществлялся в двух горнах – в первом переплавляли чугун на крицу с удалением части примесей, а во втором происходило окончательное рафинирование металла. Способами этой группы производилось высококачественное железо: шведское, валлонское, ланкаширское, валлийское.

4. Передел с подъемом. В ходе этого процесса накапливавшийся в горне частично рафинированный полупродукт с помощью лома вновь поднимали на верх горна и снова







плавили в токе воздуха. В зависимости от чистоты чугуна эти подъемы и плавления повторялись несколько (иногда до пяти) раз. Из всех способов, составляющих эту группу, наиболее известен контуазский, или французский. Он позволял получать из серого чугуна хорошее железо, которое использовалось для получения кровельной жести.

5. Передел с напуском. Этот способ в целом аналогичен предыдущему, с той разницей, что после завершения процесса от крицы отделяли верхнюю часть (напуск) и в дальнейшем обрабатывали отдельно, так как этот металл по качеству считался лучше остального железа, которое обрабатывалось так же, как при работе с подъемом.

По конструкции кричные горны подразделялись на открытые и закрытые. Закрытые горны часто оборудовались подогревателем, так называемым чугунником, который использовался для предварительного подогрева чугуна горячими газами, выходящими из горна. Это позволяло экономить горючий материал, способствовало ускорению процесса и уменьшению угара железа. Для переработки цельных тяжеловесных изделий, например артиллерийских орудий, применялись кричные горны специальных конструкций. В этом случае изделия помещались в горн частично и постепенно перемещались по мере расплавления.

Для подачи в горн необходимого количества воздуха сначала употреблялись обыкновенные мехи, наподобие кузнечных, приводимые в движение водяным колесом. Затем стали применяться водотрубные воздуходувные приборы - тромпы. В более позднее время для этой цели использовали воздуходувные цилиндрические машины, приводимые в движение паром или водяным колесом. Из всех этих приборов только тромпы обеспечивали непрерывную струю воздуха, остальные же генерировали пульсирующее дутье. Для устранения этого недостатка применялись регуляторы или резервуары, в которых воздух сначала аккумулировался, а уже потом равномерной струей поступал в горн.

В помещении кричной фабрики (цеха) находилось и оборудование для расковки криц в заготовки различного назначения. Сначала крицу обжимали слабыми и редкими ударами лобового молота, чтобы дать возможность выдавиться всем шлакам. Потом более частыми ударами ее уплотняли, поворачивая на наковальне так, чтобы она приняла вид продолговатого бруска. Обжатую крицу подогревали и обжимали вторично (пробивали), придавая квадратное сечение. Обжатая крица называлась кричным куском или кричной болванкой. Кричную болванку затем снова подогревали и проковывали или прокатывали в полосы, называемые красными болванками, из которых в дальнейшем производили кровельное железо, котельные листы и другие изделия.

Стадии проковки заготовки из кричного железа
(гравюры из Энциклопедии искусств и ремесел Дидро)

ПРОБЛЕМА «ВО ВЕСЬ РОСТ»

Существенной проблемой при кричном переделе являлась ограниченность лесных ресурсов. Уже в начале XVII в. перед металлургическими предприятиями Европы (кроме Швеции, где кричный передел применялся даже в начале XX века) вопрос о замене древесного угля в кричных горнах стоял «во весь рост». Для островной Великобритании с ее развитой промышленностью вопрос перевода процесса фришевания чугуна на минеральное топливо стоял гораздо острее, чем перед любой другой страной.

Известны многочисленные попытки изолировать чугун от каменного угля, расплавляя его в закрытых тиглях вместе со шлаками, богатыми оксидами железа. Технологии получались энергозатратными, а железо низкого качества. Наиболее удачливыми в изыскании нового процесса оказались двое английских рабочих из Коалбрукдейла – братья Томас и Джордж Кранедж. Они предложили управляющему завода Ричарду Рейнольдсу способ передела чугуна на железо в отражательной печи (она называлась так потому, что пламя отражалось от свода и соприкасалось с перерабатываемым металлом, прежде чем уйти в дымовую трубу). Успех превзошел все ожидания.

Рейнольдс в письме от 25 апреля 1766 г. Томасу Гольднею в Бристоль писал: «...Случилось нечто, по моему мнению, весьма важное в будущем. Несколько времени тому назад некто Томас Кранедж, бывший рабочий в Бриджпортской Кузне, и брат его Джордж говорили со мной по поводу выделки полосового железа древесным углем, заявили о воз-

Существенной проблемой при кричном переделе являлась ограниченность лесных ресурсов. Уже в начале XVII в. перед металлургическими предприятиями Европы (кроме Швеции, где кричный передел применялся даже в начале XX века) вопрос о замене древесного угля в кричных горнах стоял «во весь рост».

можности выделывать его каменным углем. Я возразил им, что нахожу это почти невозможным, так как даже древесный уголь представляет значительные неудобства, вследствие того, что заключает в себе щелочные соли, соединяющиеся с серой в железе и сообщающие ему красноватый оттенок и хрупкость, а между тем каменный уголь, содержащий соли, серу и многие другие вредные вещества, представляется несравненно более неудобным, чем древесный уголь. Они на это ответили мне, что им пришлось наблюдать и думать по этому поводу, и они пришли к убеждению, что железо в чушках превращается в полосовое железо силою высокого жара и что они с удовольствием докажут мне, что можно это сделать каменным углем. Я на это согласился, но, откровенно говоря, весьма сомневался в успехе их опытов. Прошло несколько недель, и я почти забыл об этом разговоре. Но вот вдруг из Бриджпорта является Томас Кранедж, затем одновременно с ним приходит брат его Джордж, и устраивают маленький горн, подходящий для их цели. После нескольких опытов построили печь такую, чтобы железо не касалось топлива, нагреваясь только сильным жаром пламени, и вскоре успех был такой блестящий, что превзошел всякое ожидание, и надо заметить, что для выделки полосового железа они брали очень твердое железо, а оно их способом делалось мягким и гибким. Я лично нахожу их изобретение необычайно важным и намерен немедленно и усердно ходатайствовать о получении патента... Открытие это заключается в том, что особым образом сооружается отражательная печь, в которой положенные в нее чушки чугуна посредством каменноугольного отопления превращаются в отличное и легко ковкое железо; вынутое из печей раскаленным, под ударами молота из него выделываются различных размеров и вида полосы, согласно желанию и требованию работающих».

С помощью Рейнольдса братья Кранедж получили патент 17 июня 1766 г. под названием «Способ сообщать чугуну в свинках (слитках) ковкость в отражательных или воздушных печах, с употреблением только сырого каменного угля». В тексте патента отмечается, что «чугун в свинках помещается в отражательной или воздушной печи соответствующего устройства, без прибавления чего бы то ни было, кроме сырого каменного угля, и превращается в хорошее ковкое железо…».

Процесс получения железа из чугуна в отражательных печах был назван пудлингованием (англ. puddle – лужа). Однако способ пудлингования, предложенный братьями Кранедж, так не вышел за пределы коалбрукдейлских заводов.

ИСКУСНЫЙ КОМБИНАТОР ГЕНРИ КОРТ

Широкое применение пудлингованию удалось обеспечить английскому заводчику и предпринимателю Генри Корту (Henry Cort, 1740-1800 гг.). Его изобретательность заключается в широком использовании и искусном комбинировании результатов предшествующей техники и новом применении уже известных элементов.

Важнейшим элементом технологии была пламенная отражательная печь, которая применялась еще колокольными мастерами средневековья. В отражательных печах, которые также назы-вали «сводчатыми» или «купольными», впервые был осуществлен принцип отделения горючего от перерабатываемого металла. Другая составляющая – стан для прокатки железа – также имелась в наличии. Даже предпринимались попытки совместить эти металлургические агрегаты. Помимо братьев Кранедж, патенты на применение пламенной печи для передела чугуна получили Питер Оньонс (Уэльс) и Дж. Кокшет (США), однако востребованной оказалась разработка Корта.

Генри Корт занялся металлургией в 1775 г. после того как оставил службу в королевском флоте. Корт купил поместье в Фонтлее, устроил в нем кузницу, а затем – железоделательный завод. В 1783 г. он взял патент на вальцы для обжима криц с целью отжатия шлака. Вальцы позволяли значительно повысить производительность труда: они пропускали за 12 часов 15 т железа, а молотом можно было обработать вручную за это же время только одну тонну.

13 февраля 1784 г. Корт получил новый патент, где говорилось о пудлинговании чугуна и обработке сварочного железа. Полученную крицу нагревали в отражательной печи, разрубали и проковывали, затем куски железа складывали в пакеты, нагревали до сварочного жара и прокатывали в полосы в вальцах с несколькими ручьями (фигурными вырезами).

С середины девятнадцатого века и по сегодня ведутся споры о том, кому принадлежит приоритет открытия пудлингового процесса. Английский историк техники Э.И. Симоне в статье о Г. Корте пишет: «О точном характере вклада Генри Корта в развитие металлургии не существует единодушного мнения. Некоторые рассматривают его как исследователя, открытия которого имеют огромное значение. Другие считают его просто плагиатором, который успешно использовал идеи других изобретателей.

... Рассматривая работы Корта, мы должны помнить, что он, безусловно, не является первооткрывателем. Например, в 1728 г. Пейн и Хенборн сконструировали стан для прокатки листового металла. В 1766 г. братья Кранедж установили отражательную или воздушную печь, в которой из чугуна с помощью угля в качестве топлива получали отличное ковкое железо».

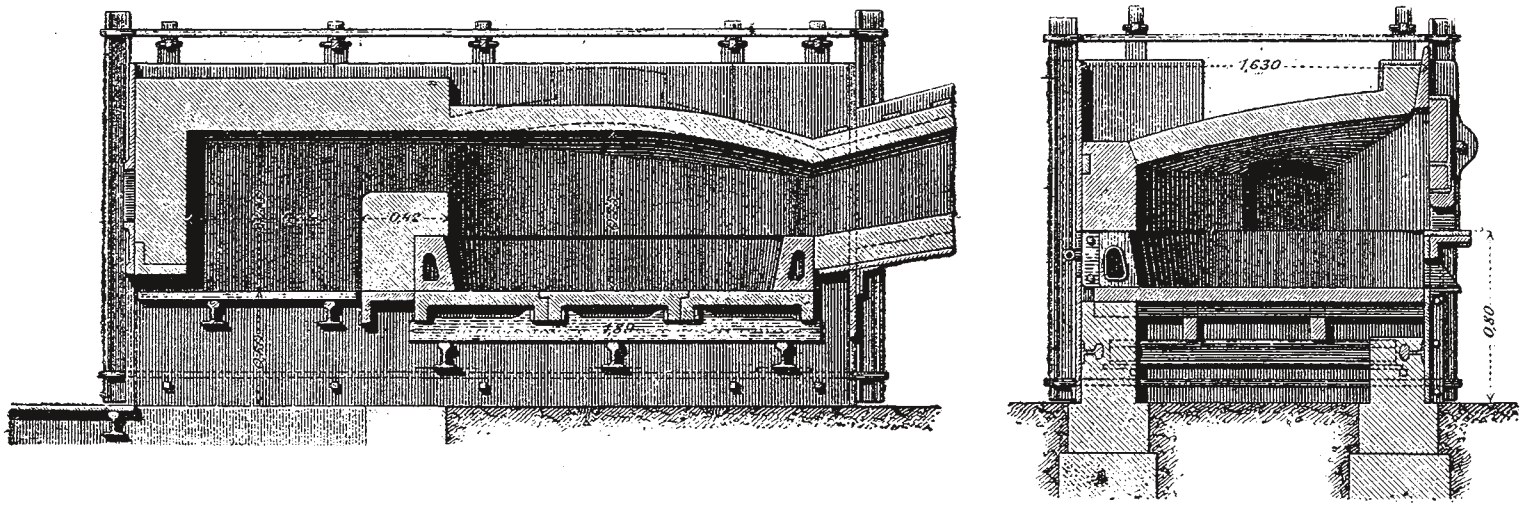
Не присваивая Корту чести первооткрывателя, необходимо отметить его заслуги в области практического распространения пудлингового процесса. Правда, плохое знание технологии не дало Корту возможности разработать по-настоящему надежную и эффективную технологию. Для футеровки он использовал кислые огнеупоры. Железистые шлаки быстро разъедали под печи, сделанный из песка. При этом кремнезем (SiO_2) взаимодействовал с монооксидом железа (FeO) шлака. Из-за этого FeO не участвовал в реакции обезуглероживания чугуна, и процесс шел только за счет кислорода атмосферы печи. Это замедляло процесс и вело к большим потерям железа – выход годного составлял менее 70 % от массы загруженного чугуна.

Однако первые же образцы пудлингового железа, представленные Кортом на испытание экспертам флота, были признаны более качественными, чем прославленное железо Орегрунда (Швеция). За последнее десятилетие XVIII в. в Англии было произведено около 50 тыс. т пудлингового железа. Применение каменного угля на металлургических заводах Англии значительно повысило их производительность и уже к 1804 г. почти в 10 раз сократило экспорт железа из России (составлявший в конце XVIII в. более трех миллионов пудов).

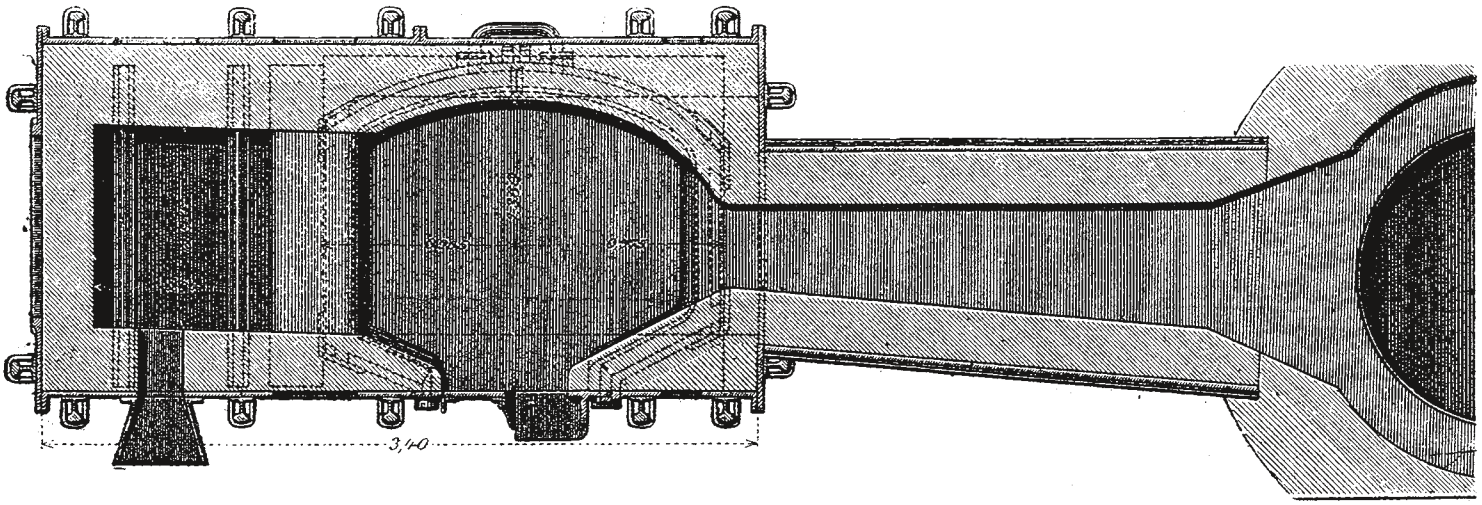
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Процесс непрерывно совершенствовался. В 1816 г. Вальдвин Роджерс предложил вместо кирпичного пода, который выдерживал около недели, делать металлический, из чугунных плит. Джозеф Холл (Joseph Hall) в 1818 г. предложил наваривать под печи смесью пудлингового шлака с железной рудой или окалиной. Благодаря основному, бога-

Пудлинговый цех



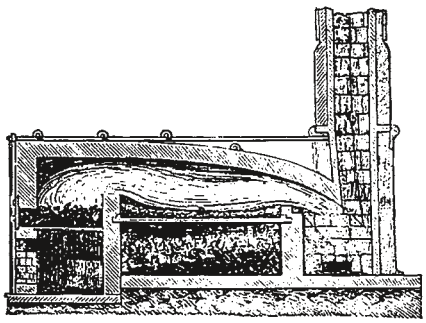
Основные элементы конструкции пудлинговой печи



тому оксидами железа поду печи появилась возможность использовать любые сорта чугуна, сократить продолжительность плавки и повысить выход железа почти до 90 %. После этих усовершенствований пудлинговый процесс начал набирать популярность. Производительность пудлинговой печи была существенно выше, чем кричного горна. Если при кричном способе для переработки пяти тонн чугуна в ковкое железо требовалось три недели, то при пудлинговании на это уходило полтора дня, расход топлива составлял 800 -1800 кг на тонну пудлинговой болванки.

Пудлинговый процесс начал распространяться в страны континентальной Европы. Во Франции опыты по пудлингованию начались в 1819 г. К 1836 г. была сделана попытка пудлингования в Швеции. Все эти опыты проводились не на каменном угле, а на дровах. Австрийский металлург Туннер в 1835 г. использовал пудлинговый процесс для получения стали.

Одной из первых стран, применивших вслед за Англией, пудлингование, была Россия. В 1817 г. на Пожевском заводе пробовали осуществить пудлингование на песчаном поду с отоплением дровами. Подобные опыты проводили в 1826 г. на Нижнетагильском, в 1827 г. на Александровском заводах. После 307 опытов по пудлингованию Камско-Воткинский завод 10 сентября 1837 г. полностью перешел на новый способ производства железа. Правда, топливом служили дрова: в условиях страны, богатой лесами, это было дешевле. Дело в том, что на Урале на то время не было известно крупных залежей угля, а даже если бы они и были, в условиях отсутствия железнодорожного транспорта выгоднее было использовать близлежащие лесные ресурсы. В Южном Уэльсе же уголь был исключительно дешев, и, благодаря этому, железнодорожный транспорт довольно быстро вытеснил гужевой не в силу каких-либо своих техни-



Движение горячих газов в пудлинговой печи

ческих преимуществ, а только благодаря исключительной дешевизне каменного угля. «Здесь мелкий каменный уголь, – доносил майор Корпуса горных инженеров Гурьев в 1839 году, – не имеет никакой ценности, потому почли наивыгоднейшим перевозить каменный уголь в город и металлургические заведения от рудников старыми паровозами и заменить тем лошадей».

САМАЯ «МУСКУЛЬНАЯ» ТЕХНОЛОГИЯ ЭПОХИ МЕХАНИЗАЦИИ

Пудлинговая печь состояла из топочного пространства, где на колосниковой решетке размещался горючий материал, отделенного от ванны металла порогом, рабочего пространства и трубы, по которой удалялись отходящие газы. Движение газов происходило, как правило, по действием естественной тяги, однако применялись и конструкции печи с принудительным движением газов под действием вентилятора. Над ванной металла располагалось рабочее окно, через которое пудлинговщик осуществлял основные операции – загрузку и выгрузку материалов, а также перемешивание металла. На период плавки оно закрывалось металлической заслонкой для снижения жара.

В места, подверженные воздействию наиболее высоких температур, вставлялись чугунные элементы, охлаждаемые воздухом или водой. Очень часто при пудлинговой печи за задним порогом устраивали помещение для предварительного прогрева чугуна, за счет чего сокращалось время его плавления, снижался расход горючего и увеличивалась производительность. Кроме того, большинство пудлинговых печей имело паровой котел-утилизатор, отапливаемый отходящими горячими газами; этот пар использовался для приведения в действие обжимочного молота и прокатных вальцов. Устройство печи зависело от вида используемого топлива и его качества. Наиболее распространены были печи с подом длиной около 1,8 м, шириной около 1,2 м и высотою свода около 1,2 м. Садка их составлял 200 - 250 кг чугуна, однако существовали и небольшие печи на 150 кг чугуна.

Процесс пудлингования делился на несколько периодов: 1) плавка, 2) промешивание крюком; 3) переборка ломом, 4) изготовление и обработка крицы.

За 2-3 ч. до начала плавки чушки чугуна (файнметалла) закладывали в подогревательное пространство (при его наличии), где они нагревались почти до температуры белого каления. После этого их переносили на подину, в рабочее пространство. Примерно через полчаса чугун начинал плавиться, и пудлинговщик щупал кочергой, не осталось ли где нерасплавленных кусков. Если таковые имели место, он перемещал их под струю пламени, так чтобы в конечном итоге весь металл перешел в тестообразное состояние.

После этого было необходимо снизить температуру, чтобы металл не принял более жидкую консистенцию. Для этого горящее топливо «сбрасывали» с колосников, а металл охлаждали. На этом этапе были возможны несколько вариантов ведения процесса:

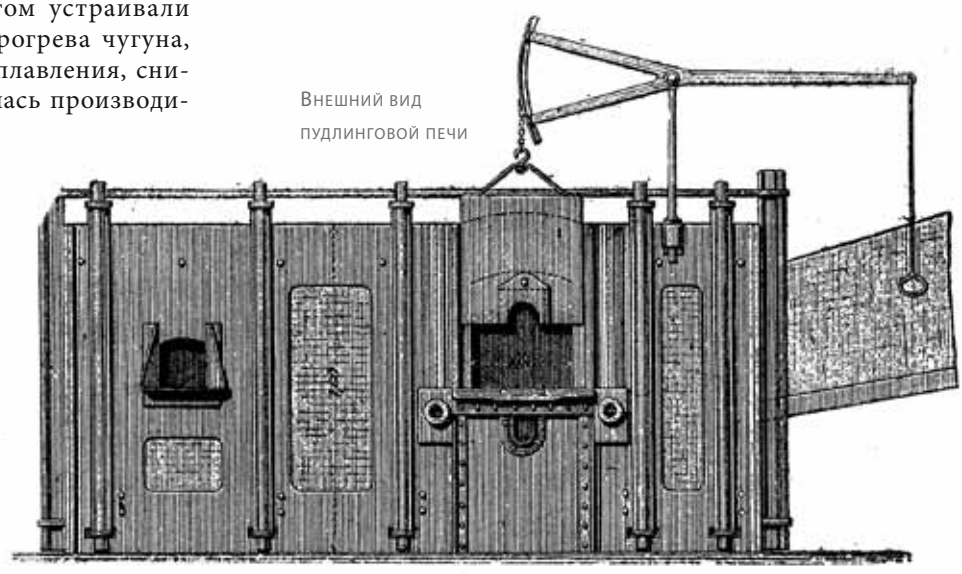
1) холодное пудлингование, при котором в расплавленный чугун при уменьшении температуры добавляли шлак и перемешивали;

2) шлаковое пудлингование, при котором большое количеством шлака помещалось в рабочее пространство одновременно с садкой чугуна;

3) горячее пудлингование – при нем чугун расплавляли до жидкого состояния и долго подвергали окисляющему действию тяги;

4) водяное пудлингование, при котором понижение температуры достигалось не вбрасыванием шлака, а взбрызгиванием воды.

Далее пудлинговщик должен был обеспечить эффективное взаимодействие металла и шлака путем их перемешивания. При этом из металла выделялось



Внешний вид пудлинговой печи

большое количество монооксида углерода, который догорал в рабочем пространстве печи, так что рабочему приходилось постоянно остужать кочергу в холодной воде. По мере выгорания примесей вымешиваемый металл делается все гуще («ссыхается»). При правильной работе (мешая каждой кочергой от 5 до 7 мин.) уже на пятой кочерге наблюдают появление металлических частиц, отделяющихся от шлака, после чего процесс перемешивания становится очень трудным. Когда частиц железа становится много, температуру повышают, частицы слипаются и осаждаются на дно печи. Частицы свежевосстановленного железа обладают свойством прилипать друг к другу и к другим железным предметам.

Когда металл загустевал так, что его нельзя уже было перемешивать кочергой, начинали «переборку» ломом или нагретой железной полосой. Цель операции состояла в том, что рабочий всю осевшую на подину печи железистую массу должен был поднять наверх ванны.

Затем приступали к формированию криц (шматов), для чего металл разделяли в зависимости от величины садки на 4 или 5 частей (кусков) и ломом каждую часть скатывали в виде кома массой до 50 - 80 кг. Крицы располагали вдоль задней стены печи, стремясь выжать из них

Основные различия способов фришевания и пудлингования чугуна состоят в следующем:

	Пудлингование	Кричный передел
1. Способ плавления металла	Одновременно всей массой	Небольшими частями
2. Способ окисления металла	Искусственное перемешивание со шлаком	Капля по капле при прохождении перед фурмой
3. Степень чистоты	«Рыхлая» масса, пропитанная частицами шлака	«Плотная» масса, образовавшаяся из наплавлявшихся частиц металла
4. Степень однородности	При качественной работе в одном куске металл всегда можно довести до полной однородности	У одной и той же крицы «хвостовая» краюшка всегда тверже «фурменной»

часть шлака. Затем давали минут на пять сильный «сварочный» жар для лучшего сваривания отдельных частиц железа в крице, после которого, открыв рабочее окно, вытаскивали клещами передние крицы, а остальные поворачивали так, чтобы они равномерно подвергались действию проходящего через печь воздуха.

Дальше следовало выжать из крицы шлак и превратить ее в плотный металл. Корт прокатывал крицы в валках или проковывал их под молотом. Отжим шлака под молотом и в 50-х гг. XIX столетия считался наилучшим способом, но применялся далеко не везде. На Уэльских заводах крица отжималась в особых прессах, по форме напоминающих огромную пасть крокодила

Пудлинговщики

(американцы прозвали их потом «аллигаторами»). Пресс делал около 90 движений в минуту и требовал машины мощностью в 10–12 л.с. Один пресс обслуживал 10–16 пудлинговых печей. Обжатые крицы обрабатывались в прокатных валках. Они прокатывались в пудлинговую болванку сечением 4×1 дюйм – так называемый «пудль-барс».

Общая продолжительность пудлингового процесса составляла около двух часов. За это время перерабатывалось максимум 250 кг чугуна. Суточная производительность одной печи при непрерывной работе не превышала, таким образом, 2,5 т.

Известный английский металлург Джон Перси писал о пудлинговании: «Нет производства, где бы мускульная сила человека была подвержена таким тяжелым усилиям и притом в столь изнуряющей обстановке. Удивительно ли, что пудлинговые мастера резко выражают нежелание приучать своих детей к этой работе, которая, вообще говоря, делает человека неспособным к ней около сорока пяти или пятидесяти лет жизни».

Пудлинговые печи были гениальным изобретением конца XVIII в., действительно открывшим широкие горизонты в то время, когда железо требовалось тоннами. Пудлинговое железо и изготавливаемая из него сталь были основными материалами, используемыми в машиностроении на протяжении почти всего XIX столетия, из него строили мосты и бурно разраставшуюся железнодорожную сеть. Но пудлинговая печь стала тормозом дальнейшего развития, когда железо стало потребляться сотнями и тысячами тонн. Несовершенство производственного агрегата уравновешивалось его количеством, и доменные цеха середины XIX века, включавшие до 10 домен, окружали длинные ряды из сотен пудлинговых печей. ❋

Приложение

Агрикола и Бирингуччо: «А» и «Б» металлургической науки

Достигнутый уровень интеграции науки и металлургических знаний позволил создать к концу средневековья первые металлургические энциклопедии. Книги Георгия Агриколы и Ванноччо Бирингуччо положили начало металлургии как самостоятельной отрасли науки и послужили основой для формирования системы металлургического образования.

ПОЧЕМУ ЭТО АКТУАЛЬНО?

Жесткий стиль современной деловой жизни часто ставит во главу угля умение твердо отстаивать свои интересы невзирая на авторитеты. Однако научная деятельность имеет свои, веками кристаллизовавшиеся неписаные законы. В их основе лежат каноны профессиональной этики, установленные выдающимися учеными эпохи Возрождения. И в этой сфере у них до сих пор можно многому научиться.

ГЕОРГИЙ АГРИКОЛА

Георг Бауэр появился на свет 24 марта 1494 г. в саксонском городке Глаухау, расположенном на реке Мульде в 10 км от Цвиккау. Позднее, следуя традиции гуманистов эпохи Возрождения, он свою немецкую фамилию Бауер (Bauer – земледелец) перевел на латинский язык и в историю науки и техники вошел под именем Георгия Агриколы.

Начальное образование Агрикола получал сначала в церковной школе Глаухау, а затем в латинской школе в Цвиккау. В 1514 г. он отправился в Лейпциг для получения высшего, университетского образования. Расположенный на пересечении важнейших транспортных магистралей того времени, средневековый Лейпциг являлся одним из крупнейших торговых центров Европы. Росту города и развитию в нем промышленности способствовали ежегодные ярмарки. Лейпциг славился также своим университетом, основанным в 1409 г.

Агрикола поступил в университет, в котором по традиции того времени имелись теологический, философский, юридический и медицинский факультеты. В средневековой Западной Европе латинский язык являлся официальным языком международных отношений, юридических актов и, главное, языком науки. Известно, что Агрикола особое внимание обращал на занятия по филологии, хотя его также интересовали теология и философия. Вскоре его способности привлекли внимание известного профессора П. Моселлануса, с которым Агриколу впоследствии связывали узы тесной дружбы. Окончив через три с половиной года университет и получив ученую степень бакалавра, Агрикола возвратился на родину, где стал преподавателем греческого и древнееврейского языков в городской школе Цвиккау. Там он написал свой первый научный труд – «Книжечку о первом и простом обучении грамматике». В 1518 г. его избрали ректором только что открывшейся солдатской школы.

Агрикола был первым систематическим минералогом в Германии. Принимая во внимание морфологические признаки ископаемых, он различал простые и сложные минералы и разделял первые на земли, конкреции, камни и металлы. Эта система легла в основание всех дальнейших минералогических работ до XVIII столетия включительно

Занимаясь научной и педагогической работой, Агрикола принимал активное участие в политической жизни города. В то время в Цвиккау жил вождь и идеолог крестьянско-плебейского лагеря реформации Томас Мюнцер. Страстная натура и революционная деятельность Мюнцера привлекали 24-летнего Агриколу. Они быстро сдружились. Однако в дальнейшем пути Мюнцера и Агриколы разошлись. Мюнцер, стремясь создать центр общегерманского реформационного движения, возглавил революционный переворот, но потерпел поражение и 27 мая 1525 г. был казнен. Агрикола же, по приглашению своего учителя и друга Моселлануса в 1522 г. возвратился в Лейпцигский университет, где работал преподавателем и усиленно изучал медицину.

После смерти в 1524 г. профессора Моселлануса Агрикола покинул университет и отправился в Италию для продолжения обучения. В Италии Агрикола имел возможность встречаться со многими выдающимися деятелями науки и искусства. Сначала он занимался в университете в Болонье, а затем в университете Падуи, которые были ведущими центрами не только итальянской, но и европейской науки. Кроме того, он посетил Венецию, Рим и Флоренцию.

Во времена Ренессанса североитальянские университеты оказались в меньшей зависимости от духовенства,чем университеты других европейских стран. В одних университетах не было даже богословских факультетов, в других эти факультеты не играли такой существенной роли, как, например, в Парижском университете. По существу, североитальянские университеты были в то время очагами передовой науки. Например, в Болонском университете уже в XIV в. было начато преподавание анатомии. Незадолго до Агриколы там учились великий польский ученый Николай Коперник (1473–1543 гг.), а затем знаменитый немецкий врач и химик Парацельс (1493–1541 гг.).

В Болонском университете Агрикола с успехом читал лекции по философии; там же ему были присвоены степени доктора философии и доктора медицины. Однако не только медицина привлекала Агриколу в Италии. Там были собраны многочисленные рукописи античных авторов, труды ученых и философов Средней Азии и арабских стран. Известно, что он изучал в подлиннике произведения Аристотеля, Теофраста, Витрувия, Страбона, Плиния, Ибн Сины (Авиценны) и Джабира ибн Хайяна (Гебера). Некоторое время Агрикола даже работал у известного издателя трудов античных авторов – Мануция.

Позднее в своих трудах он широко использовал многое из классического научного наследия. Например, в труде «Пять книг о мерах и весах» Агрикола ссылается на сочинения 45 античных авторов. По-видимому, именно в Италии его начинают интересовать горное дело, геология, а также минералогия, которую Агрикола активно изучает под влиянием трудов античных врачей, использовавших многие минералы в качестве лечебных средств. Желание возродить эти лекарства, как он говорит в одном из своих трудов, явилось «главной причиной, по которой он отправился в места, богатые металлами».

Вернувшись в 1526 г. на родину, Агрикола некоторое время занимал должность городского врача в Хемнице, но вскоре переехал в город Яхимов, который был одним из крупнейших промышленных центров средневековой Европы. Расположенный на холмах и долинах чешских Рудных гор, недалеко от границы с Саксонией, Яхимовский горный район был исключительно удачным местом для изучения всего комплекса горно-металлургических производств. В яхимовских рудниках были обнаружены медь, мышьяк, свинец, но особенно много добывалось серебра. В Яхимове Агрикола мог наблюдать все процессы поиска и разведки руд, добычи и транспортирования полезных ископаемых, обогащения и пробирного искусства, а также выплавки металлов.

Поселившись в Яхимове, Агрикола не только занимался врачебной практикой, но и активно изучал геологию и минералогию. Широкая образованность и высокая трудоспособность позволили ему быстро овладеть основами горного дела и металлургии. Свою первую книгу по горному делу – «Берманнус, или о горном деле и металлургии» – Агрикола издал в 1530 г. в Базеле. В этом труде он в форме диалога между горняком Берманом и врачами Яном Наве и Николаем Анконом изложил некоторые вопросы ге-

ологии, минералогии и отчасти горного дела. Агрикола описал историю рудников некоторых известных тогда горно-промышленных городов – Фрайберга, Аннаберга, Яхимова и др. Кроме того, в книге были затронуты вопросы, связанные с геологическими представлениями того времени (происхождение жил, поисковые признаки золотых, серебряных, медных и железных руд и других полезных ископаемых). Книга Агриколы получила высокую оценку Эразма Роттердамского.

В Яхимове у Агриколы зародилась идея создать капитальную работу, посвященную всем вопросам геологии, горного дела и металлургии. Он усиленно собирал материал, рассчитывая написать серьезное научное руководство. В связи с этим Агрикола, отказавшись в 1530 г. от должности городского врача, предпринимал частые поездки в различные горные районы (Тюрингию, Моравию, Силезию и др.).

Созданию своего основного труда «О горном деле и металлургии в двенадцати книгах» Агрикола посвятил 20 лет. Однако его работа вряд ли увенчалась бы успехом, если бы ему не покровительствовала влиятельная персона. В позднем средневековье Германия представляла собой страну, раздробленную на мелкие княжества. В среде их владетелей было модно приглашать к своему двору видных ученых. К будущему герцогу Саксонии Морицу в качестве историографа в 1533 г. и был приглашен Агрикола, получивший к тому времени известность своими трудами. Агрикола, принимая это предложение, надеялся в более спокойной обстановке закончить начатые труды, систематизировать и обобщить собранный материал. Действительно, годы его жизни, проведенные в Хемнице, были наиболее плодотворными. За это время он написал восемь крупных научных работ и два политических трактата о войне с турками.

GEORGII AGRICOLAE

Книга о металлах
Георгия Агриколы

В 1533 г. в Базеле была издана фундаментальная работа Агриколы «Пять книг о мерах и весах», в которой он подробно описал единицы мер и весов, применявшихся у греков, римлян и других народов. Эта книга имела большое значение, так как единой системы измерений в то время не существовало, и работа Агриколы давала возможность правильно представлять соотношения между мерами и весами различных стран, а также сравнивать их с древними. В 1546 г. также в Базеле был опубликован сборник, в который вошли труды Агриколы: «О происхождении и причинах того, что находится под землей», «О природе того, что вытекает из земли», «О природе ископаемых», «О древних и новых металлах» и «Берманнус, или о горном деле и металлургии».

С 1546 г. Георгий Агрикола регулярно избирался членом городского совета и бургомистром города Хемница и даже руководил обороной города во время Шмалькальденской войны. Кроме того, выполняя поручения герцога Морица, Агрикола неоднократно участвовал в дипломатических переговорах.

Благополучное течение жизни ученого разрушилось в 1553 г., когда стало известно, что Агрикола остался католиком, несмотря на то что в 1539 г. в Хемнице была проведена реформация и население города стало в основном протестантским. Агрикола был лишен всех занимаемых им должностей и оказался в нищете. 21 ноября 1555 г. во время горячего спора с протестантами, он умер от разрыва сердца. Протестантская церковь города долго не разрешала предать тело Агриколы земле. Его друг, католический епископ Прлучк, был вынужден тайно вывезти гроб с телом Агриколы в город Цейц, где в одной из церквей он был похоронен.

ВАННОЧЧО БИРИНГУЧЧО

Ванноччо Бирингуччо родился в 1480 г. в итальянском городе Сиене, основанном римлянами в I в. до н. э. В эпоху средневековья Сиена являлась крупным центром торговли, банковско-ростовщического дела и ремесленного производства, основу которого составляло сукноделие. В XIII в. в городе был создан университет. В это же время сложилась знаменитая сиенская школа живописи, мастера которой внесли существенный вклад в искусство эпохи Возрождения.

Дата рождения Бирингуччо неизвестна. В церковном архиве Сиены сохранилась запись о том, что он был крещен 20 октября 1480 г. и наречен сложным именем Ванноччо

Гравюра из книги Георгия Агриколы

Винценцо Аустиньо Лука. Его отец был в городе известным человеком, он занимался архитектурой, строительством и являлся управителем улиц Сиены.

Город пользовался автономией. Во главе городского правления стояло богатое семейство Петруччи, с которым семья Ванноччо поддерживала тесные отношения. Благодаря этому Бирингуччо пользовался покровительством городских властей и уже в молодые годы имел возможность совершить длительное путешествие по промышленным центрам Италии и Германии. Он познакомился с добычей и обработкой руд различных металлов, с производством железа, меди и многих химических веществ. По возвращении из путешествия Бирингуччо был назначен управителем рудников и железоделательного завода, а затем ему было поручено руководство товариществом, созданным для переработки серебряных руд.

В 1513 г. Бирингуччо получает руководящий пост в городском арсенале, а вслед за этим назначается управителем таможни. Однако благополучие Бирингуччо продолжается недолго. В 1515 г. власть в городе захватывают противники семьи Петруччи, и Бирингуччо вынужден восемь лет провести в изгнании. Он живет в Риме, Неаполе, посещает Сицилию.

После восстановления в 1523 г. в Сиене власти Петруччи Бирингуччо вновь возглавляет городской арсенал и, кроме того, получает монопольное право на производство селитры во всей Сиенской области. Однако спустя три года он снова становится изгнанником. Бирингуччо совершает путешествие по городам Германии, а затем работает на металлургическом заводе во Флоренции. Там в 1529 г. он руководит отливкой огромного бронзового орудия, масса которого превышала 6 т, а длина ствола достигала 6,7 м.

Наконец, в 1530 г., когда между враждующими группировками Сиены был заключен мир, Бирингуччо вновь возвращается в родной город и становится во главе строительной и литейной мастерских при кафедральном соборе. В 30-х годах XVI в. он возглавляет работы по литью колоколов, пушек и строительству крепостных сооружений не только для Сиены, но и для Венецианской республики, Пармы и других государств Северной Италии. В 1538 г. Ванноччо приглашают на службу в Ватикан, где ему поручается руководство литейными мастерскими. Умер Бирингуччо в Риме в начале 1539 г.; такой вывод позволяет сделать сохранившийся документ, касающийся наследства ученого, датированный апрелем 1539 г.

ПРЕДШЕСТВЕННИКИ

Чтобы ясно представить себе значимость и масштаб достижений Бирингуччо и Агриколы, необходимо помнить о том, что они не имели, выражаясь современным языком, специального технического образования. Агрикола обучался в университете базовым для того времени предметам: грамматике, риторике, диалектике, музыке, арифметике, геометрии, астрономии. Затем он глубоко изучал филологию и самостоятельно – медицину. Бирингуччо получил домашнее образование и, по существу, являлся самоучкой. Отметим, что в распоряжении основателей металлургической науки не было специальных книг и тем более учебников. До конца XV в. единственной широко известной и доступной книгой о процессах металлургии был латинский манускрипт «Schedulum diversae artiae», написанный около 1000 г. Теофилом Монахом (Теофилусом Монком). В нем рассказывалось о том, как, используя силу работников монастырей, выплавлять различные металлы и сплавы и «направить работу искусства во славу церкви».

В начале XVI в. рукописи и небольшие издания о горно-металлургическом производстве стали появляться в Европе практически повсеместно. Развитие ремесла и отсутствие специальных технических книг вызывали необходимость в создании рукописных пособий, благодаря которым передавался из поколения в поколение опыт производства. Одним из примеров такого «технического пособия» является рукопись мастера Лаврентия Кржички из Битишки. Она написана по-чешски и содержит практические советы и данные для мастеров по литью пушек и колоколов, по производству металлической посуды и насосов. Эта содержательная рукопись, помимо различных описаний,

снабжена многочисленными чертежами. В ней, в частности, приведены конструкции плавильных печей и составы шихт, изложены способы приготовления формовочных глин и рецепты производства сплавов.

В 1505 г. была издана «Обстоятельная и полезная книжица о том, как искать и находить руды, о всяческих металлах, с сообразными изображениями гор, с приложением названий гор, преполезная начинающим рудокопам» («Горная книжка»). Автором этой книги был городской врач и бургомистр города Фрайберга Кальбе. Книга написана в форме диалога между рудокопом Данилом и его молодым помощником. Известно, что в 1523 г. в Яхимове была широко распространена рукопись народного поэта Ганса Рудхарта, содержащая сведения о методах разработки месторождений полезных ископаемых. Можно предположить, что квалифицированные металлурги вели технические записи. Некоторые записные книжки сохранились до настоящего времени в музеях техники и в частных коллекциях.

«ПИРОТЕХНИЯ»

На описанном общем фоне Бирингуччо предстает в качестве «первого землемера металлургических процессов». Его книга «Пиротехния», изданная в 1540 г., явилась, по существу, первой производственно технической энциклопедией эпохи Возрождения. Она посвящена горному делу, получению и обработке черных и цветных металлов, описанию производства многих химических веществ, орудий труда и предметов домашнего обихода. Труд содержит 10 глав (книг), включающих 168 «октав» текста и 84 вырезанные на дереве иллюстрации.

На первых страницах своей книги Бирингуччо излагает общие взгляды на процессы образования в земной коре различных металлических руд и минералов, включая соли, некоторые из которых упоминаются им впервые.

В первой главе приведены сведения о разведке месторождений руд золота, серебра, меди, свинца и железа, о свойствах чистых металлов и сплавов. Описаны существовавшие в то время способы добычи золота путем промывки песка, технология амальгамации, при которой металл удаляется из руды с помощью ртути путем образования с ней сплава – амальгамы. Подробно рассмотрены амальгамация серебра и способы выделения золота и серебра из сплавов, содержащих оба металла.

Вторая глава содержит описание производства ртути, серы, сурьмы, квасцов, хлорида натрия, каменной соли и других полезных ископаемых. Значительная часть главы посвящена технологии производства широко распространенных в то время материалов – растительных и минеральных красок, угля, кислот, спиртов, железного и медного купороса, изделий из стекла и керамики.

Процессы обогащения полезных ископаемых описаны в третьей главе, в которой автор также рассматривает способы опробования руд. В связи с этим характерны следующие высказывания Бирингуччо в отношении медных руд: «Так как простым глазом невозможно проникнуть в глубь руды, необходимо иметь познания в опробовании руды. Для этого необходимо добытую руду в открытом виде рассмотреть много раз с большой тщательностью. Если на сером фоне породы с небольшими зелеными прожилками будут заметны фиолетовый и желтый цвета – это обещает выгодные результаты и указывает на значительные количества меди».

Интересны взгляды Бирингуччо относительно выбора метода подготовки руд к плавке. Автор указывает, что опытные специалисты умеют определять, как следует сортировать руду, как отличать хорошую руду от плохой, освобождать руду от земли (пустой породы) путем дробления. И далее Бирингуччо заключает: «В конечном счете, по приговору глаза и применяя обжиг и промывку руды, в несколько приемов устанавливают наличие полезных компонентов».

В четвертой главе рассмотрены аффинаж золота и приготовление азотной кислоты, в пятой – получение лигатур золота, серебра и олова. Бирингуччо сделал, возможно, первую попытку дать определение сплаву как «смеси металлов, находящихся в друже-

Гравюра из книги
Георгия Агриколы

ском сотрудничестве». В работе Бирингуччо большое внимание уделено описанию методов анализа металлических сплавов, который в то время имел особое значение в монетном деле. Подробно описано производство металлических зеркал и зажигательных стекол.

В связи с важностью литейного дела и, прежде всего, литья пушек и колоколов этим вопросам была полностью посвящена шестая глава. В ней Бирингуччо изложил свои богатые знания, которые, очевидно, были основаны на его личном опыте. Раздел, посвященный колокольному литью, представляет особенный интерес. Он содержит на только информацию о технологии и технике производства, но и описание художественного оформления колоколов, изображения весов, на которых можно было взвешивать колокола массой от 10 кг до 10 т.

В седьмой главе представлены конструкции плавильных печей различных размеров, в том числе шахтного типа, снабженных большими воздуходувными мехами; восьмая содержит описание способов формовки и литья мелких предметов. В девятой главе Бирингуччо рассказывает о ковке и термической обработке металлов, сообщает секреты закалки и отпуска стали, описывает среды, используемые для закалки, – воду, масло, влажные травы, в которые погружается нагретый металл. Мастера и ремесленники эпохи Возрождения, обрабатывая сталь, внимательно следили за цветом металла в процессе обработки. В «Пиротехнии» сообщается о «серебряном» нагреве, когда сталь раскаляется добела, о «золотом» нагреве, соответствующем желтому цвету металла, сине-пурпурном цвете, когда можно было заканчивать закалку, и пепельно-сером цвете холодной стали. Если необходимо получить твердую сталь, утверждает автор «Пиротехнии», ее следует хорошо нагреть и быстро охладить в холодной воде.

Последняя, десятая глава относится непосредственно к пиротехнике – производству и применению пороха и других взрывчатых и зажигательных составов и снаряжаемых ими изделий. Сначала дано описание производства селитры – основной составляющей части черного пороха и других пиротехнических веществ. Далее рассказывается о применении взрывчатых веществ в военном деле – для стрельбы из артиллерийских орудий, изготовления мин, а также устройства праздничных фейерверков. Бирингуччо привел всеобъемлющее описание производства огнестрельного и пиротехнического вооружения, которое оставалось актуальным еще около двух столетий. Следует отметить, что описание вооружения снабжено подробными инструкциями по его применению. Во всех деталях изложены процессы литья пуль и артиллерийских снарядов.

Бирингуччо не был первооткрывателем ни одного метода, изложенного им в книге, но он был первым, кто детально описал искусство работы с металлом, так что «Пиротехния» представляет собой важнейший источник знаний практически во всех отраслях металлургии. Замечательная работа Бирингуччо получила широкую известность в XVI и XVII вв. В то время она выдержала пять изданий на итальянском и три издания на французском языках.

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЭТИКА ВОЗРОЖДЕНИЯ

Вслед за книгой Ванноччо Бирингуччо в 1544 г. появился обширный труд «Космография» немецкого ученого Себастиана Мюнстера (1489–1552 гг.). В 1503 г. он окончил общеобразовательный факультет Гейдельбергского университета и с 1524 г. преподавал там в качестве профессора математики, географии и древнееврейского языка. Труд Мюнстера в течение последующего столетия выдержал более 45 изданий на немецком, латинском, французском, итальянском, английском и чешском языках. Среди прочих сведений автором приведено много данных по горному делу, в том числе по обогащению полезных ископаемых.

Книга Мюнстера знакомит читателя с рудоподъемными, водоотливными, вентиляционными и другими машинами, работающими от водяного двигателя. Она содержит сведения по обогатительным процессам: дроблению – ручному и с помощью пестов, приводимых в движение от наливного колеса; мокрому обогащению (гравитацион-

ному), осуществляемому промывкой руды в корыте и в текущей по наклонной плоскости воде. Не являясь специалистом в области горного дела, Мюнстер опирался в основном на труды античных авторов и своих современников, в том числе на ранние сочинения Агриколы. Он писал: «То, что касается горного дела, я взял из книг глубоко сведущего и широко образованного человека, Георгия Агриколы, который ныне еще жив и пребывает в Хемнице...».

Таким образом, несмотря на несовершенство информационных технологий, достижения эпохи Возрождения все же становились достоянием передовых ученых. Мюнстер, чтя профессиональную этику, в своем труде с уважением ссылается на работы Агриколы, а тот, будучи признанным основоположником горного дела и металлургии, тщательно изучил труд своего предшественника – Бирингуччо. Известно, что книгу «Пиротехния» Агриколе преподнес венецианский патриций Франческо Бадаэро. Характеризуя этот труд, Агрикола писал: «...Ванноччо Бирингуччо из Сиены, человек сведущий во многих вещах и красноречивый, разобрал на итальянском народном наречии вопрос о выплавке, отделении и паянии металлов. Однако он лишь вскользь коснулся способов выплавки некоторых руд. Более ясно он изложил способы получения некоторых сплавов: читая у него о них, я вспоминал, как я наблюдал когда-то в Италии их изготовление. Всех остальных предметов, о которых я пишу, он не коснулся вовсе или если и коснулся, то слегка». Таким образом, по мнению самого Агриколы, его книги и труды Бирингуччо по содержанию как бы дополняли друг друга.

«12 КНИГ О МЕТАЛЛАХ»

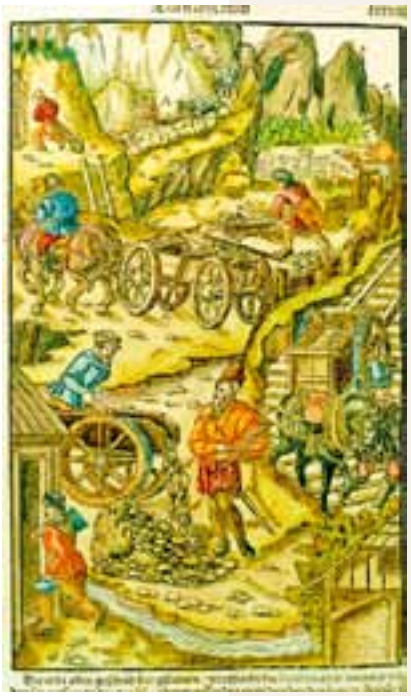
Полное и пространное, по обычаю тех времен, название труда Агриколы может служить и краткой его аннотацией: «Георгия Агриколы, врача в Хемнице и известнейшего философа, о горном деле и металлургии двенадцать книг, в которых обязанности, инструменты, машины и все вообще, относящееся к горному делу, не только самым достоверным способом описывается, но и столь наглядно показывается при помощи размещенных в соответствующих местах изображений, с присовокуплением их латинских и немецких наименований, что они не могли бы быть переданы с большей ясностью».

В предисловии книги автор отметил: «Я разрешил себе благоразумно обойти молчанием все то, что я сам не видел и не читал или не узнал от людей, заслуживающих доверие. Мною, таким образом, указано лишь то, что я сам увидел, и что, прочитав или услышав, сам взвесил».

Главную книгу своей жизни Агрикола полностью подготовил к печати в декабре 1550 г. в Хемнице, но она была издана только в 1556 г., уже после смерти автора. Книга напечатана на латинском языке в Базеле в известной в то время типографии Фробона и снабжена 275 прекрасными гравюрами на дереве, для изготовления которых Агрикола привлек лучших художников.

Значение этого труда Агриколы для развития геологии, горного дела и металлургии трудно переоценить. Достаточно сказать, что сразу после выхода в свет первого латинского издания книга была переведена на немецкий язык. Перевод был издан уже в 1557 г.

Труд Агриколы включает 12 книг (разделов). В шести содержатся сведения по минералогии и горному делу, приводится оригинальная классификация минералов, излагаются основы оценки и способов разработки всех известных в то время месторождений руд металлов. Кроме того, в «Книге первой» трактата «О горном деле и металлургии» Агрикола рассуждает о значении металлов для человечества. «С устранением металлов из обихода, – заключает Агрикола, – была бы уничтожена всякая возможность… ведения цивилизованного образа жизни». Автор дает характеристику качеств, необходимых для профессии металлурга: «Многие придерживаются такого мнения о горном деле, что оно якобы является делом случайным и грязным, и притом занятием такого рода, которое требует не столько искусства, сколько физического труда… Горняку нельзя быть несведущим и во многих других искусствах и науках». Агрикола перечис-



Гравюра из книги Георгия Агриколы

ляет науки, знание которых необходимо для занятия горно-металлургическим производством. Среди них философия («дабы он мог знать происхождение и природу подземного мира»), медицина, астрономия, наука чисел и измерений, архитектура, рисование и вопросы права.

Седьмая книга посвящена пробирному анализу, значение которого для металлургии XVI в. было особенно велико. Ввиду отсутствия научных основ количественного химического анализа единственная возможность установления содержания металлов состояла в лабораторном копировании металлургических операций, выполняемых при выплавке металлов из руд. В восьмой книге излагаются способы обогащения и подготовки руд к металлургической переработке, в девятой – способы выплавки черновых металлов. Десятая книга посвящена методам разделения и рафинирования металлов, одиннадцатая – описанию металлургического оборудования. В двенадцатой книге изложены методы производства солей, соды, серы, битума, селитры, купороса, квасцов и стекла.

Труды Агриколы получили признание современников. Эразм Роттердамский еще в 1531 г. предсказывал, что Агрикола «в ближайшем будущем будет на первом месте среди великих ученых». Главный труд Агриколы подал важные мысли философу Бэкону, всюду подчеркивавшему практико-техническую пользу науки. Его книга была в личной библиотеке Ньютона. Ею пользовался М.В. Ломоносов, который называл Агриколу человеком «в рудных делах преискусным». Гете писал об Агриколе как о естествоиспытателе: «Он разгадывал тайны гор, владел искусством горного дела, открывал важные полезные ископаемые, изучал, обрабатывал и очищал их, делал их полезными для человеческих нужд. До сих пор мы восхищаемся его произведениями, где сконцентрированы все старые и новые сведения по горному делу и металлургии. Эти произведения оставлены нам как чудесный подарок».

Особо следует отметить, что книга Агриколы, помимо прочих достоинств, превосходно оформлена. Автор имел возможность пригласить для работы лучших художников, которые нарисовали инструменты, механизмы, печи, «дабы понимание незнакомых вещей, обозначенных словесно, не представляло затруднения ни для современников, ни для потомков». И теперь эти рисунки иллюстрируют почти все книги по истории горного дела и металлургии.

РАЗНЫЕ СУДЬБЫ ЭНЦИКЛОПЕДИЙ

Итак, есть два великих труда, посвященных металлургии и горному делу. Книга Бирингуччо, опубликованная в 1540 г., была первым печатным изданием, в котором описывались целые отрасли металлургии. Труд Агриколы был издан шестнадцатью годами позже. Что же является причиной значительно большей известности работы Агриколы по сравнению с «Пиротехнией» Бирингуччо? Например, на русский язык книга Бирингуччо так и не была переведена, а труд Агриколы издавался уже четыре раза (впервые в 1961 г.).

Современные исследователи истории техники дают следующее объяснение. Книга «De re metallika» была написана на латинском языке и стала известна ученым повсеместно. Довольно быстро она была переведена на немецкий и итальянский языки – главные технические языки Возрождения. «Пиротехния» была написана на простом итальянском наречии, и, хотя ее можно было найти на книжных полках многих великих естествоиспытателей, она не ассоциируется с «De re metallika». Единственный перевод того времени был сделан на французский язык в 1558 г. (немецкий перевод появился в 1925 г., а английский – только в 1943 г). Вместе с тем, по мнению многих исследователей истории технической литературы, в плане профессиональных деталей практика Бирингуччо имеет преимущество перед начитанностью и эрудированностью Агриколы, который часто использовал терминологию классических античных авторов. Бирингуччо же писал живым языком, который, с точки зрения технолога-практика, являлся более ясным и точным. ❊

Приложение

Цементационная и тигельная сталь Мануфактурной эпохи

Область применения сварочного (сначала кричного, а затем и пудлингового) железа была существенно ограничена его относительной мягкостью. Для ряда изделий требовался особо твёрдый металл. Уже в XVII в. неоднократно предпринимались попытки разработать надежную технологию получения цементационной стали (также использовались термины цементированная и цементованная сталь) в масштабах, обеспечивающих потребности мануфактурного производства. В начале XVIII в. этой проблемой с успехом занимался французский ученый Рене-Антуан де Реомюр.

Процесс цементации основан на способности низкоуглеродистого металла (кричного и сварочного железа) поглощать углерод при нагревании до температуры красного каления (800-1100 С) в смеси с древесным углем или другим карбюризатором (углеродсодержащим веществом). Науглероживание железа происходит благодаря проникновению (диффузии) углерода в поверхностные слои металла. В зависимости от температуры процесса и времени контакта металла с карбюризатором существенно изменяется количество поглощенного поверхностью углерода. Поэтому после закалки получаются различные по твёрдости партии стали.

«Металлургические путешествия» Габриэля Жара

Наиболее подробное описание процесса получения стали из сварочного железа с помощью технологии цементации (характерного для эпохи Нового времени) принадлежит перу французского минералога и металлурга Габриэля Жара. В 1757 г. французское правительство направило двадцатипятилетнего Жара в первую научную командировку в Германию и Венгрию. В 1765 г. Жар получил возможность посетить металлургические предприятия Англии и Шотландии, а в следующем году ознакомиться с горным и металлургическим делом в Северной Германии, Швеции и Норвегии.

Блестящие отчеты о сделанных в этих поездках наблюдениях позволили ему стать членом Парижской академии наук, но ранняя смерть – он умер в возрасте 37 лет – помешала литературно обработать собранные материалы. Брат Жара издал их в виде книги «Металлургические путешествия, или исследования и наблюдения о железных рудниках, о кузницах (металлургических заводах), об изготовлении стали, жести и о шахтах земляного угля, произведенные с 1757 по 1769 гг. в Германии, Швеции, Норвегии, Англии и Шотландии». В результате этот труд стал одним из превосходных и наиболее востребованных пособий по металлургии XVIII столетия.

«Печи для приготовления стали около Нью-Кастля, – пишет Жар, – различной величины, но построены они на основании одних и тех же принципов. Внешнее каменное

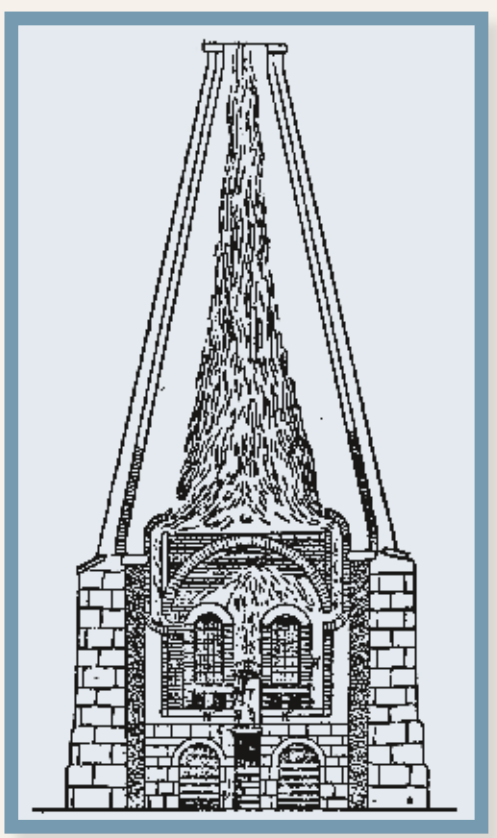
Английская цементационная печь 60-х гг. XVIII в.

строение представляет собой продолговатый прямоугольник. Внутри его посередине в длину сделана чугунная решётка, лежащая горизонтально на уровне пола. Шириною она в 20 дюймов, под ней находится поддувало. Над решёткой приблизительно на высоте 16 дюймов находится место, на котором расположены ящики, в которые кладется обрабатываемое железо. С каждой стороны устроено по десяти горизонтальных дымоходов, на них из огнеупорного песчаника выведены ящики и швы замазаны глиной. Внутри ящики длиною в 10,5 фута, шириною в 2 фута 4 дюйма и глубиною в 2 фута 6 дюймов. Пламя охватывает их со всех сторон.

С боков ящики укрепляются перемычками и так прочно, что выдерживают и вес загруженного в них железа и действие пламени. Над этими ящиками и всем внутренним пространством печи возведен купол, который удерживает жар, а дым и пламя выходят через восемь дымоходов. Вся печь стоит под дымовой трубой, выложенной из кирпича, в виде сахарной головы.

Одно только шведское железо признается годным для превращения в сталь. Было произведено много опытов и с английским железом, но из него никогда не могли получить столь же добротной стали, как из шведского...

Для загрузки печи мастер заползает внутрь, и ему туда подаются через отверстия в стенках полосы. Мастер насыпает на дно ящика слой толченого и просеянного через решето древесного угля, немного смачивает его и кладет ряд железных полос. На них снова насыпается слой угольного порошка, толщиною 1 дюйм, на него снова кладется ряд полос, и так продолжают, пока ящик не будет наполнен доверху. Верхний ряд полос засыпают слоем угля и затем насыпают слой песка для того, чтобы горючее вещество в ящике лежало бы плотнее и не превратилось бы в пепел от действия жара. Употребляют мокрый песок, смачивая его, когда он высыхает. Песок накладывается более толстым слоем к середине, так что тут он имеет около 10 дюймов толщины. Заложив железо в ящики, закрывают все отверстия и зажигают печь.



Печь для цементации стали 40-х гг. XIX в. Вертикальный разрез

Обыкновенно печь зажигают в понедельник вечером и поддерживают сильный огонь до субботы. После пяти дней и ночей непрерывного нагрева, когда, полагают, железо целиком превратилось в сталь, выламывают каменную кладку, которой были заложены отверстия, раскрывают заслонки, сбрасывают уголь с колосников в зольник, чтобы остудить печь. Нужно ждать еще целую неделю, пока сталь совершенно не остынет. До этого её никогда не вынимают. Мастер, который закладывал железо, заползает тогда в печь и подает полосы другому рабочему.

Эта сталь, когда она выходит из печи, называется пузыристой сталью. В таком виде она мало идет на продажу. Её обычно проковывают ещё под молотом и вытягивают в полосы и остужают на воздухе. Цель этой работы – придание ей большей плотности. Такая сталь называется обыкновенной сталью, и её употребляют для изготовления напильников, пил, ножниц, ножей и т. д.».

Следует добавить, что загрузка печи составляла порядка 10 т железа. Полученная из печи сталь называлась томлёной или пузырчатой сталью (англ. – blister steel – пузырчатая сталь) из-за газовых пузырьков на поверхности металла.

Начиная с конца XIX в., когда литая сталь полностью вытеснила сварочное железо, и до наших дней процесс цементации не потерял своего значения как способ получения высокопрочных стальных изделий. В настоящее время процесс цементации используется только в тех случаях, когда необходимо получить особенно высокие прочностные свойства. При этом цементации подвергается не весь металл, а только та часть изделия, от которой собственно и требуются специфические характеристики. При этом области металла, прилегающие к цементированным областям, сохраняют вязкость вследствие более низкого содержания углерода и как следствие – деталь в целом получается менее хрупкой, чем если бы она подвергалась цементации целиком. Таким образом, в наши дни процесс цементации из металлургии перешёл в машиностроение.

ТИГЕЛЬНАЯ СТАЛЬ БЕНДЖАМИНА ХАНТСМЕНА

Многие века процесс цементации был единственным способом получения достаточно прочного металла для инструментов. Однако характерные свойства цементированной стали – неоднородность по содержанию углерода (наружные слои металла содержали значительно больше углерода, чем внутренние) и наличие различных примесей в сварочном железе – вынуждали искать способ получения более однородной стали. Таким способом стал тигельный процесс.

Способ производства стали в огнеупорных горшках – тиглях – известен со времён Древнего мира. О нём упоминал Аристотель в IV в. до н.э. Наиболее распространено получение тигельной стали было в странах Древнего Востока – Персии, Индии, Сирии, где она использовалась для производства холодного орудия, острых ножей и инструментов. Однако в этом случае имело место «прямое» получение стали из руды, минуя стадию кричного железа. Этого удавалось достичь за счёт специальных технологий и конструкции печей, обеспечивающей достижение высокой температуры – до 1600 °С. В некоторых регионах Азии тигельный способ производства железа (стали) из руд просуществовал до конца XIX в., а в кустарном металлургическом производстве применяется до сих пор. Расцвет производства тигельной стали высочайшего качества приходится на V–XIII вв.

Создателем тигельного процесса в Европе стал английский часовой мастер Бенджамин Хантсмен (1704–1776 гг.). Уже в раннем детстве Бенджамин отличался удивительными способностями. Особую любовь он питал к механике. В 14 лет мальчика отдали в ученики к часовому мастеру. Через семь лет, закончив обучение, он открыл собственное дело в Донкастере.

Конструируя и разрабатывая различные механизмы, Хантсмен испытывал большие трудности из-за плохого качества немецкой цементированной стали, которой пользовался. В частности, ему никак не удавалось найти подходящий металл для изготовления пружин и маятников, что подтолкнуло его к поиску способа производства стали, превосходящей по качеству цементированную. Первые опыты он произвёл в Донкастере. Однако вскоре ему пришлось из-за трудностей с топливом переселиться в Хэнтсворд, расположенный по соседству с Шеффилдом – крупным металлургическим центром. Первое время в Шеффилд привозили сталь из Германии. Затем местные мастера начали выделывать её из шведского железа процессом цементации.

Ещё до начала своих опытов Хантсмен понял, что главный недостаток цементированной стали – её неоднородность по твёрдости и загрязненность шлаковыми и другими включениями. Исходя из этого, он пришел к мысли о переплавке цементированной стали в тигле, надеясь таким способом получить однородный, свободный от примесей металл. В Хэнтсворде Хантсмен нашел достаточно топлива, построил подходящий горн, изготовил тигель, способный выдержать нагрев до 1500°С. Опыты длились несколько лет, пока, наконец, не увенчались успехом. Сохранилось мало сведений

Часы Б. Хантсмена, для которых он изготовил первую пружину из тигельной стали (Kelham Island Museum, Шеффилд)

о трудностях, которые пришлось преодолеть изобретателю. Их косвенными доказательствами стали кучи никуда не годной стали, найденные много лет спустя после смерти Хантсмена в земле, на которой стояла его первая мастерская.

По способу Хантсмена цементированную сталь переплавляли под слоем флюса из зелёного стекла в огнеупорном тигле, установленном в печи с естественной тягой и отапливаемой коксом. Для переплавки отбирали полосы шведской цементированной стали с такой твердостью, какую хотели получить в готовом виде. Эти полосы рубили на мелкие куски, загружали в большой глиняный тигель, вмещавший 34 фунта металла, и ставили его в печь. Печь, сконструированная Хантсменом для плавки в одном тигле, имела площадь пода 114,3 см^2 и высоту 76,2 см. В тигле переплавляли до 4,5 кг цементированной стали. В ходе плавки рабочие изредка поднимали крышку тигля и следили за состоянием расплавленного металла. Готовность стали определяли «на глазок»: металл должен был «блестеть, как солнце в совершенно ясный день, когда на него смотришь невооруженным глазом».

Готовый тигель вынимали из горна, снимали крышку, удаляли небольшое количество собравшегося наверху шлака. Сталь выливали в чугунные формы разных размеров. При разливке металл получался губчатым и нуждался в проковке тяжелым молотом. Тигельная сталь была чище и однороднее по составу, чем обычная цементированная. Она оказалась замечательным материалом для изготовления ножей, бритвенных лезвий, часовых пружин и маятников.

В 1740 г. в Атерклифе (предместье Шеффилда) Хантсмен построил первый в мире сталелитейный завод, на котором изготовляли изделия и инструменты из тигельной стали. Этот год и называют датой изобретения тигельного процесса.

Продолжая работу над совершенствованием процесса, изобретатель убедился, что, добавляя в тигель различные материалы – графит, чугун, железо, можно получать сталь различной твердости, пригодную для разных изделий. Добавка этих материалов определяла различное содержание углерода в стали, что и давало разную твердость.

Скульптура в торговом центре Meadowhall в Шеффилде, посвящённая Б. Хантсмену и тигельной стали

КОНКУРЕНЦИЯ И ЛОББИРОВАНИЕ В ЭПОХУ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Хантсмену не удалось убедить шеффилдских промышленников в преимуществах своей стали, точнее, они не хотели платить за его изобретение. Пришлось искать рынок сбыта для стали во Франции. Это встревожило шеффилдских производителей. Пытаясь устранить опасную конкуренцию, они через одного местного депутата в парламенте попытались убедить правительство не допускать вывоза литой стали из Англии, но получили отказ. Тогда шеффилдские мастера прибегли к всевозможным уловкам, чтобы выведать технологию получения литой стали.

Хантсмен не брал патент на своё изобретение, но хранил свой способ в строгом секрете. Производство велось только по ночам. Однако шеффилдский железозаводчик Самюэль Уокер, переодевшись нищим, смог пробраться в мастерскую Хантсмена и узнать тонкости технологии, которую затем применил на своём предприятии.

Интерес к стали Хантсмена рос. Имеются сведения о посещении его завода иностранцами. Швед Людвиг Робзам, посетивший завод в 1761 г., сообщал, что у Хантсмена было три помощника и что завод давал до 8 т стали в год. Габриэль Жар во время поездки по Англии в 1765 г. подробно ознакомился с заводом Хантсмена в Хэнтсворде. В своей книге Жар впервые привёл описание всех технологических процессов, имевших место при производстве тигельной стали. С момента первой плавки стали в тигле прошло уже 25 лет, технология была отработана и выглядела следующим образом:

«При помощи следующей операции, – писал Жар, – цементованная сталь еще больше рафинируется. Для этой цели употребляют всевозможные отбросы стальных изделий (на самом деле это были разломанные на мелкие куски полосы отборной цементированной стали). Пользуются печами, которые врыты в землю и имеют подвод воздуха под землей. У устья печи (в горизонтальной верхней крышке её), лежащей вровень с полом, находится отверстие канала, идущего горизонтально к стене, от которой поднимается труба. В этой печи можно поместить только один тигель, вышиною 9–10 дюймов и шириною в 6–7 дюймов. В него накладывается сталь с флюсом, состав его держат в секрете.

Тигель ставят на круглый кирпич, лежащий на решётке, затем вокруг тигля насыпают кокс и заполняют им всю печь. Зажигают огонь и закрывают верхнее отверстие печи заслонкой из кирпичей, стянутых железным обручем так, что пламя тогда идет по

Рабочие в тигельно–плавильном цеху

горизонтальному каналу в трубу. Тигель должен стоять пять часов в печи, прежде чем сталь совершенно расплавится. Затем она выливается в четырёхугольные формы из чугуна (так называемые изложницы), состоящие из двух половин, накладываемых одна на другую. Вливание производится с одного конца.

Я видел слитки такой стали, они похожи на чугун. Сталь эта проковывается, как и цементная, под молотом, только её следует нагревать слабее и с большей осторожностью, иначе она легко может лопнуть. Цель такой обработки – привести стальные частицы в более близкое соприкосновение друг с другом так, чтобы у нее не было «гнилых» пятен, как у немецкой стали. Уверяют, что это достигается только от переплавки. Сталь эта употребляется не очень часто и только для таких изделий, которые требуют очень хорошей полировки. Из нее изготовляются лучшие бритвы, различные перочинные ножи, лучшие стальные цепочки, часовые пружины и маленькие напильники для часовщиков».

Жар сообщал также, что одна печь при двух плавках в день давала продукции до 3 т в год. Следовательно, должно было действовать три горна, а с учетом ремонтов их в мастерской нужно было иметь пять – для обеспечения годового производства, указанного выше.

Через год после Жара завод Хантсмена посетил швед Клум Андерсен и получил достаточную информацию для того, чтобы построить около Стокгольма сталелитейный завод – первый за пределами Англии.

НА ПОРОГЕ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

Желая увеличить свои доходы и расширить производство, Хантсмен в 1770 г. построил ещё один завод в Атерклифе. Королевское общество в Лондоне, признавая заслуги Хантсмена в производстве стали, а также отмечая некоторые его открытия в химии, приняло решение о принятии его в число своих членов. Но Хантсмен отказался от этой чести, опасаясь, что это помешает его работе. Умер он в Атерклифе в 1776 г., передав дела сыну Уильяму. К этому времени в Англии действовало три сталелитейных завода Уокеров, завод Хантсмена в Атерклифе, два предприятия в Шеффилде и одно в Борделей-Бринкс близ Шеффилда.

Фирма Хантсмена приобрела всемирную известность. В 1842 г. предприятием, основанным Хантсменом, управлял его 60-летний внук. Француз ле Плей сообщал, что число тиглей на одну печь увеличилось до двух и производилось три плавки в день. Получали до 20 т стали в год с одной печи. Завод с 10 печами, если из них работали 7, мог производить в год 150 т стали.

Хотя тигельная сталь и была дорогой, а процесс малопроизводительным, она долгое время оставалась единственным материалом для изготовления ответственных инструментов и деталей механизмов. Процесс её получения оставался ведущим в производстве высококачественных сталей на протяжении почти двух столетий, вплоть до появления электросталеплавильного процесса.

Хотя основные приемы тигельной плавки оставались неизменными, процесс со времен Хантсмена являлся предметом постоянных исследований и усовершенствований. Пробовались различные шихтовые материалы, вносились изменения в конструкцию печей и технологию изготовления тиглей. Бухгалтер завода в Клайде (Шотландия) Давид Мюшет, занимавшийся пробирным искусством (химическим анализом), в 1801 г. открыл полезное влияние марганца на сталь и начал добавлять в тигельную шихту оксиды марганца. Эти добавки способствовали удалению из металла кислорода, ухудшающего качество стали (т.е. раскислению металла).

Однако к середине XIX века тигельный процесс был уже не в состоянии решать задачи создания крупного производства, соответствовавшего достигнутым масштабам выплавки чугуна. Предельная ёмкость тиглей определялась физической силой рабочего и не превышала двух пудов. Наступающая эпоха индустриализации потребовала принципиально новых революционных металлургических технологий. ❊

Приложение

Божественный творец (место и роль кузнеца в мифологической картине мира)

Муза, Гефеста воспой, знаменитого разумом хитрым!
Вместе с Афиною он светлоокою славным ремеслам
Смертных людей на земле обучил. Словно дикие звери,
В прежнее время они обитали в горах по пещерам.
Ныне ж без многих трудов, обученные всяким искусствам
Мастером славным Гефестом, в течение целого года
Время проводят в жилищах своих, ни о чем не заботясь.
Милостив будь, о Гефест! Подай добродетель и счастье!
К Гефесту. Гомеровский гимн. Пер. В.В. Вересаева

АРХЕТИП КУЗНЕЦА

У многих народов (причём в разные исторические эпохи) настолько часто встречаются сходные мифологические сюжеты с участием кузнецов, что это позволяет говорить о существовании «архетипа кузнеца». Как правило, это связывают с взаимодействием различных культур, однако во многих случаях этим обстоятельством нельзя объяснить поразительное сходство характеров и действий кузнецов в различных мифах, легендах и эпосах по всему миру. Вряд ли здесь можно применить термин «архетип» в его исходном, юнгианском, смысле. В данном случае речь идёт скорее о том, что при похожей исходной информации люди склонны делать сходные выводы, то есть деятельность кузнеца воспринимается людьми определённым образом независимо от их места проживания или исторической эпохи. Оценка этой деятельности определяется сложившимся в данном обществе мировоззрением (сформированной «картиной мира»).

Кузнецы при одинаковой «исходной информации» об их профессиональной деятельности не воспринимались народами совершенно одинаково, одним они представлялись посланниками небес, другим – порождением зла. Однако нет ни одной архаичной культуры, в которой отношение к кузнецу было бы нейтральным.

Необходимо отметить, что на протяжении довольно длительного времени, особенно в начальный период развития металлургии и металлообработки, мастер по металлу, обозначаемый общим термином «кузнец», совмещал в себе функции как собственно кузнеца, так и рудознатца и металлурга, а также оружейника и ювелира. Поэтому далее под «кузнецом» нами будет подразумеваться мастер-металлург широкого профиля, осуществляющий весь цикл производства от поиска и добычи руды до получения изделий из металла.

Деятельность кузнеца (так же, как в более ранние времена гончара), преобразующего элементы окружающей среды в полезные человеку орудия и предметы, определяющие

жизненный уклад, на протяжении всей истории человечества представлялась людям сродни деятельности бога. По этой причине весьма распространён мифопоэтический сюжет о сотворении мира божеством-демиургом, который либо сам является кузнецом либо универсальным ремесленником, либо играет роль помощника демиурга, изготавливая отдельные элементы мироздания.

КУЛЬТУРНЫЙ ГЕРОЙ

Умение получать и обрабатывать металлы, производить из них орудия труда, украшения, предметы культа и быта настолько ценно, что, по мнению человека древности, могло быть получено только от богов – либо непосредственно, либо через посредника – культурного героя. Неизменным атрибутом мифологического культурного героя является изобретательская и просветительская деятельность.

В мифологии мон-кхмеров и их соседей (Юго-Восточная Азия) культурным героем является Бунг. Он сын двух гигантов - первых обитателей земли. Из подземного мира Бунг похищает у бога Нду огонь и полезные растения. Бунг учит людей пользоваться сначала бамбуковыми и каменными орудиями, затем железными и изготавливать их с помощью молота и клещей. Источником железа служит дерево баньян (фикус). Из его древесины первые кузнецы делают человеку крепкие кости. Помощником Бунгу служит «птица-кузнец» козодой.

В Китае кузнецы и гончары почитали Лу Баня – бога-покровителя ремёсел. Он считался создателем деревянного колеса для подъёма воды на поля, изобретателем лодки и весла. В тибетской мифологии с металлами людей познакомил Рулакье - первый министр в перечне мудрых министров и благородных царей. По преданию, согнав с трона узурпатора и восстановив династию, он стал министром, одомашнил животных, научил тибетцев вести сельское хозяйство, заготавливать сено впрок, рыть каналы, осушать землю и строить мосты. Рулакье обучил тибетцев выплавлять металлы (золото, серебро, медь и железо), выжигать древесный уголь, изобрёл плуг и ярмо.

По поверьям бурят, первым кузнецом был небесный дархан (кузнец) Божинтой-убгэн, каждый из девяти сыновей которого был эжином («хозяином») – покровителем какого-либо кузнечного инструмента. В мифах якутов с кузнечным и гончарным ремеслом их познакомил главный прародитель Эллэй. Однажды он сделал из шкуры павшей скотины кузнечные меха. Затем он выдолбил обрубок бревна наподобие деревянной ступы и обмазал внутри глиной, сделав горн. Положив в него руду и уголь и работая мехом, Эллэй выплавил железо. Используя камни в качестве молота, он выковал из этого железа молотки, клещи, топоры и косу-горбушу. Один из его сыновей стал первым шаманом, а другой – первым кузнецом.

В мифах коми бог-демиург Ен создал кузницу, чтобы дать людям железные орудия. Однако он не мог плавить железо и вынужден был обратиться за помощью к своему брату-антагонисту Омолю. Тот обещал помочь, но потребовал за это, чтобы души умерших людей отправлялись к нему, так появилась преисподняя.

В грузинской мифологии культурный герой Амирани – первоклассный кузнец – обучает людей кузнечному делу. В западно-грузинском и абхазском вариантах он уничтожает вредные растения. Амирани, подобно греческому Прометею, за богоборчество был прикован к скале в пещере Кавказского хребта. Ему постоянно клюёт печень орёл, а преданная собака лижет цепь, стараясь истончить её. Также в Армении существует поверье, согласно которому по воскресеньям кузнецы должны трижды ударять молотом по наковальне. От звука ударов кузнечных молотов укрепляются оковы Артавазда – про́клятого героя мифологического армянского эпоса «Випасанк», который силится выйти из пещеры, в которой он закован в цепи, и овладеть миром.

Сюжет о добром или злом герое, прикованном с помощью металлической цепи (как правило, за богоборчество), весьма распространён в мифологиях различных народов. Помимо упомянутых Артавазда, Прометея и Амирани, сюда можно отнести и Фенрира – гигантского волка из германо-скандинавской мифологии. Скованный богами

волшебной цепью Глейпнир, он ждёт день Рагнарёка, когда сможет разорвать свои оковы и проглотить солнце.

В дагомейской (Западная Африка) мифологии благодаря Гу, божеству железа, кузнечного дела, орудий, войны и оружия, пятому сыну верховного божества Маву-Лиза, люди получают орудия труда и оружие. В мифах догонов (Западная Африка) изгнанные с неба первопредки отправились на землю, захватив с собой орудия богов. Один из них, Номму – предок кузнецов, взял с собой кузнечные инструменты и украл у небесных кузнецов огонь. Во время «приземления» он перебил себе конечности кузнечными инструментами: так появились суставы. Оказавшись на земле, он разметил землю для полей и распределил ее между восемью родами догонов. После того как прошли очистительные дожди, кузнец обучил людей искусству сева.

В мифологии народа ньяруанда (Центральная Африка) в роли культурных героев выступают легендарный первый царь Кигва и его брат Лутутси. Очутившись на земле, Кигва, его брат и сестра десять дней страдали от холода, голода и болезней. Сжалившийся над ними бог Имана, к которому они обратили свои мольбы, послал им огонь, семена полезных растений, кузнечный молот и мехи, мотыгу и другие необходимые орудия. Когда мотыга износилась, Кигва и Лутутси стали плавить руду и ковать мотыги. Они обучили кузнечному делу народ хуту, и с тех пор хуту изготовляют мотыги в Руанде.

В мифологии народов тропической Африки (Замбии, Заира, Кении, Танзании) бог грома и дождя (Леза, Нгаи, Энгби) научил людей строить жилища для защиты от зверей, выделывать шкуры, добывать огонь трением, выплавлять железо из руды и изготовлять топоры, мотыги, копья, а также ввёл обычай брачного выкупа за жён.

Бог Тюр сковывает Фенрира цепью Глейпнир ценой своей руки. Изображение из «Малой Эдды»

«БОГИ МГНОВЕНИЯ»

Обособленные божества и культурные герои появились не сразу. При зарождении мифологии одухотворялись отдельные индивидуальные явления и предметы. В молниях, грозе, чем-то выделяющемся дереве или камне, шуме листвы, дуновении ветра, мерцании света – во всем этом первобытное сознание усматривало проявления духов, демонических сил. Всё это были так называемые «боги мгновения». Любой предмет, любой образ мог быть возведен в ранг божества, демона, если он представлял для человека некоторый таинственный интерес. Этому моменту развития мифа в истории языка соответствовал период активного наименования (номинирования) явлений и предметов природы.

В дальнейшем вырабатывались более общие представления о богах, они наделялись характерами и атрибутами. Решающими факторами в этом процессе оказывались коллективная память, способность к обобщению, возрастание практической активности человека, рост его производственной мощи, диверсификация форм деятельности, рост её специализации. Каждая деятельность несет в себе специфические импульсы для сознания человека. Не только результат той или иной формы деятельности, но и её мотивы воспроизводятся в сознании. С течением времени обобщенные образы «богов мгновения» оказывались «привязанными» к какой-нибудь одной, определённой и значимой для человека сфере деятельности. Для каждой из таких сфер были созданы свои особые боги, получавшие яркие, выразительные наименования – эти «профессиональные боги» постепенно приобрели статус духов-хранителей, покровительствующих носителям конкретной профессии. Прообразом специализированного бога-кузнеца, как правило, являлось божество огня.

МЕТАМОРФОЗА ГЕФЕСТА

Характерным примером трансформации от духа стихии до «бога-профессионала» является метаморфоза греческого бога-кузнеца Гефеста. Имя Гефест (Hephestios) буквально означает «находящийся у очага (огня)» (hestia – «очаг, огонь»). Первоначально Гефест был духом подземного огня, а затем огня, огненной стихии вообще. Значительно позднее его стали почитать как покровителя ремёсел, связанных с огнём, в первую очередь – кузнечного дела. Кузницами Гефеста считались вулканы.

Вулкан, кующий латы для Ахилла

Особенно чтили Гефеста на острове Лемнос, где, по всей видимости, и сформировался его культ в том виде, в котором он из Малой Азии позднее попал в материковую Грецию:

Лемносский бог тебя сковал
Для рук бессмертной Немезиды…
А.С. Пушкин. Кинжал. 1821 г.

Впоследствии на Лемносе получил распространение мистический культ кабиров, которые в греческой традиции считались детьми Гефеста и нимфы Кабиро. На северо-востоке острова найдены остатки священных строений культа кабиров, обнаружен город Гефестия, расцвет которого пришелся на V в. до н. э. и который просуществовал более 2000 лет. Храм Гефеста стоял у подножия огнедышащей (ныне погасшей) горы Мосихла (храмы Гефеста первоначально сооружались около вулканов, например, на Сицилии храм Гефеста находился у горы Этна). Ежегодно население острова Лемнос в определенное время должно было сначала сокрушаться, а потом примиряться с разгневанным богом. Девять дней никто не разводил огонь, пока не воротится со священного острова Делоса посланный туда корабль. Привезенный на нём огонь раздавали в дома и мастерские ремесленников. Этот праздник олицетворял преклонение перед разрушительной силой вулканического огня.

В своей персонифицированной божественной ипостаси Гефест олицетворяет созидающую и разрушающую огненную стихию, обустраивает мир, а также ассоциируется с оплодотворяющей жизненной силой. Один из посвящённых ему орфических гимнов гласит:

Мощный, духом великий Гефест, неуёмное пламя,
Демон, сияющий смертным лучами, горящими светом.
Крепкий руками, несущий огонь, бесконечный художник,
Мастер и космоса часть, ты стихия в её совершенстве;
Всё пожирающий, всё укрощающий, всевысочайший,
Ты – незапятнанный свет, эфир, солнце, луна и светила,
Ибо эти члены Гефеста для смертных сияют.
Всякий дом ты содержишь; всякий град, племена все,
Все человеков тела управляешь ты, мощный, счастливый,
Внемли, блаженный. Свои возлияния благочестивы,
Радостный труд совершив, призываю, да кроткий приидешь,
Испепеляя природу в телах наших, дикую ярость
Пламени неукротимого в нас прекрати, благодатный.

В материковой Греции культ Гефеста был постепенно «присоединён» к культу Афины, которая до этого была покровительницей афинских ремесленников (в Греции Гефеста почитали практически только афиняне). Искусным кузнецом считался тот, кого научили этому искусству «Гефест и Паллада Афина». У этой пары был даже общий храм. Кстати, один из храмов, посвящённых Гефесту, можно и сейчас посетить, приехав в Афины, – он носит название «храма Тесея». Таким образом, постепенно Гефест из бога огненной стихии трансформировался в бога-покровителя металлургии и кузнечного искусства.

«КАНОНИЧЕСКИЙ» ОБРАЗ ГЕФЕСТА

В разных частях греческой ойкумены и в разные исторические периоды функции и значимость Гефеста менялись. «Канонический» образ Гефеста известен по произведениям Гомера, Гесиода и других «популярных» греческих и римских авторов. Его происхождение трактуется двояко. По версии Гомера (Илиада), Гефест сын верховных божеств Зевса и Геры, по версии Гесиода – сын только Геры, рождённый ею в отместку Зевсу за рождение Афины-Паллады. Как известно, Афина появилась на свет из головы Зевса в полном боевом облачении (причём, по одной из версий мифа, именно Гефест по приказу Зевса расколол ему топором голову, выпустив Афину).

Увидев некрасивого, хилого сына, Гера пришла в гнев и сбросила его с Олимпа на землю. Ребёнок упал в море, на остров Лемнос, где его подобрали морские богини – Эвринома, дочь Океана, мать харит, богинь изящества, и Фетида, дочь вещего морского старца Нерея, мать героя Ахилла. Они и воспитали Гефеста. Он вырос некрасивым, хромым, но очень сильным и стал искусным мастером по металлу. Очень вероятно, что эта часть «биографии» Гефеста отражает процесс знакомства греков с технологией производства и обработки металлов, которые, как и искусные мастера-металлурги, пришли в Грецию из-за моря, из Малой Азии.

Решив отомстить матери, Гефест изготовил золотое кресло необыкновенной красоты и отправил его в подарок Гере. Сев в кресло, Гера оказалась намертво прикованной к нему. Только вмешательство бога вина и веселья Диониса, который смог споить и уговорить Гефеста освободить мать, спасло Геру от плена чудесного кресла. После этого Гефест остался жить в небесных чертогах, соорудив там волшебную кузницу.

Гефест единственный бог греческого пантеона, который занят производством чего-либо (конечно, Афина почиталась как богиня мудрости и покровительница ремесла, но всё-таки в первую очередь это богиня-воительница). Гефест - создатель атрибутов державной власти Зевса (щита – эгиды, скипетра, молний), трезубца морского бога Нептуна, шлема бога подземного мира Аида (делающего его невидимым), серпа богини плодородия Деметры, колесницы и короны бога солнца Гелиоса, стрел и луков близнецов Аполлона и Артемиды, трона бога сна Гипноса, тирса (жезла) Диониса:

Вот он, вот Вакх! О час отрадный!

Державный тирс в его руках...

А.С. Пушкин. Торжество Вакха. 1818 г.

Гефест изготавливает по «спецзаказу» богов вооружение для знаменитых героев – Геракла, Энея, Ахилла, причём щит последнего представлял собой подробную модель мира. По приказу Зевса Гефест сотворил из земли прекрасную женщину Пандору, созданную для того, чтобы принести несчастья людям, и выковал для неё венец. Кроме того, Гефест строит из золота величественные дворцы для Зевса и Геры и для других богов, в его обязанности входит обслуживание богов на пирах, в том числе приготовление нектара – напитка бессмертия.

В произведениях античного искусства Гефеста изображали обычно в виде мускулистого, бородатого человека, одетого в хитон ремесленника. Его представляли кузнецом, работающим в своей великолепной мастерской, которую часто помещали в недрах огнедышащей горы Этны или других вулканов, причём считалось, что все они соединены подземными ходами. В работе Гефесту помогают циклопы (киклопы) – одноглазые великаны, сыновья бога неба Урана и богини земли Геи. Кроме того, он «автоматизировал» своё производство, сделав из золота и оживив двух прислужниц, которые помогали ему в работе и при ходьбе.

В «Илиаде» женой Гефеста называется Аглая – одна из трёх харит, но в «Одиссее» и позднейших мифах женой Гефеста считается богиня красоты Афродита, причём в позднеримской традиции этот факт трактуется как союз мастерства и красоты. Ещё один вариант мифа давал Гефесту в жёны богиню юности Гебу.

Афродита оказалась неверной женой, частенько изменяя мужу с богом войны Аресом. В искусстве эпохи Возрождения получил большую популярность сюжет поимки Гефестом любовников на брачном ложе с помощью волшебной невидимой сети. В мотиве измены Афродиты проявляется извечное противостояние упорного каждодневного труда и военных побед, дающих возможность одним махом захватить созданное чужим трудом. Человеческая психология за несколько тысяч лет не изменилась – красавицы всё так же предпочитают удачливых авантюристов и бравых военных непривлекательным умельцам.

Согласно легенде, основатель царской династии города Афины – получеловек-полузмей Эрихтоний является сыном Гефеста и богини земли Геи, которого вырастила и воспитала Афина (Гефест пытался овладеть Афиной, но она отбилась, а семя Гефеста,

Гефест по просьбе Фетиды делает доспехи для Ахилла

попав на землю (Гею), произвело Эрихтония). Примечательно, что Эрихтоний наделён характерными чертами культурного героя – он изобрёл квадригу – колесницу, запряжённую четырьмя лошадьми, за что после смерти превратился в созвездие Возничего.

В последний день месяца Пианепсиона (середина ноября) афиняне отмечали праздник Халкеи (Χαλχεία), учрежденный в честь Гефеста и Афины Эрганы (работницы). Сначала это был всенародный праздник, позднее (с IV в. до н.э.) он превратился в профессиональный праздник кузнецов–«медников» (χαλχείς – мастер по бронзе). Вот как описано это событие у Софокла:

Выйдите на улицы, все вы,
Ремесленники, почитающие дочь Зевса, Эргану,
Со священными корзинами
И у тяжелой наковальни, по которой бьют молотами.

ХАРАКТЕР И ВНЕШНОСТЬ МИФОЛОГИЧЕСКИХ КУЗНЕЦОВ

Итак, Гефест – классический бог-кузнец, ему присущи все черты упомянутого выше архетипа кузнеца. Рассмотрим подробнее «личные» и «профессиональные» его качества, чтобы далее увидеть их в мифологических кузнецах других народов.

Гефест – единственный «работающий» бог. Однако есть ещё одна черта, выделяющая его из сонма других богов – внешнее уродство и физическая неполноценность. Как уже говорилось, Гефест родился слабым и некрасивым, из-за чего был сброшен матерью с Олимпа. При падении он повредил ногу, поэтому всю жизнь хромал. Согласно другому мифу, Гефест был сброшен с Олимпа ещё раз, когда вступился за свою мать перед громовержцем Зевсом. Так или иначе, но Гефест был хром на обе ноги, что придавало его походке неровность и валкость.

Хромота – один из основных отличительных признаков мифических кузнецов. Кроме того, ноги – вообще их слабое место. Как уже отмечалось, Номму – мифический первопредок кузнецов в мифологии догонов, перебил себе кузнечными инструментами ноги, спускаясь с неба. Кузнец Тлепш из нартского эпоса сделал себе железные ноги после того, как лишился собственных:

Горе Тлепшу! Горе Тлепшу!
Весь в крови, ползет он в кузню,
В горне пламя раздувает.
Из калёного железа
Тлепш выковывает ноги
И, к коленям приклепавши,
Снова ходит по земле.

Три грации. 1505 г., Рафаэль Санти. Музей Конде, Шантильи

Для объяснения хромоты мифологических кузнецов существует четыре основные версии. Согласно первой, хромота обусловливает неровность походки, что позволяет ассоциировать кузнеца с колеблющимся пламенем огня, которым он повелевает и которое он олицетворяет.

По второй версии, хромота кузнеца обусловлена его связью с нижним, хтоническим (подземным) миром, символом которого является змея – существо, не имеющее ног (змея также тесно связана с культом огня). Близостью к природным стихиям, в том числе хтоническим, объясняется и внешняя непривлекательность, «корявость» кузнеца. Ещё

одним символом связи кузнеца с нижним миром считается волк (иногда – собака), который часто встречается в кузнечных мифах, преданиях и легендах, особенно средневековых.

Согласно третьей гипотезе, в обучение кузнецам в архаичное время отдавали детей с дефектами тела, которые не могли быть полезными племени в качестве воинов, земледельцев или скотоводов. Также возможен вариант намеренного нанесения увечий для ограничения возможности передвижения мастера-кузнеца. Например, таким образом охромел скандинавский бог-кузнец Вёлунд.

И, наконец, по четвёртой версии (предложенной П.И. Черноусовым), эта черта досталась кузнецу-металлургу в эпоху производства мышьяковой бронзы, когда легко возгоняемый мышьяк, используемый для легирования меди, мог привести к профессиональным заболеваниям. Мышьяковое отравление характеризуется, помимо прочего, повышенной раздражительностью и поражением центральной нервной системы (ЦНС), приводящим к параличам конечностей, что могло найти своё отражение в образе древнего кузнеца. Кстати, при отравлении оловом, которое заменило мышьяк при производстве бронзы, также может наблюдаться паралич одних отделов ЦНС и возбуждение других, в результате чего развивается скованность движений, иногда судороги. Не исключены и другие профессиональные заболевания, связанные с длительным нахождением на ногах и поднятием тяжестей, в первую очередь приводящих к проблемам с позвоночником и суставами ног.

Афродита и Гефест. Бартоломеус Шпрангер

ОБОСОБЛЕННОСТЬ КУЗНИЦЫ

Следующая характерная черта мифологического кузнеца, наблюдаемая у Гефеста, – обособленность его жилища и особенно мастерской. Её обычно связывают с тем, что кузнец, работающий с рудами металлов и с огнём, которые принадлежат нижнему миру, вызывает страх окружающих. Вообще кузнечное ремесло, особенно на этапе племенной социальной организации, воспринималось как форма магии.

Существуют ещё две версии объясняющие, почему кузнецы селились отдельно: соблюдение пожарной безопасности, поскольку кузнец работал с огнём и мог невольно стать причиной гибели всего селения, и необходимость хранить в тайне секреты производства. В нартском эпосе народов Северного Кавказа есть прямое объяснение обособленности мастерской мифического кузнеца Тлепша. Первоначально Тлепш, как и его учитель Дабеч, ковал железо на камне руками. Увидев это, Сатаней – одна из главных героинь эпоса – придумала и подарила ему молот и наковальню, а затем подсказала, как сделать клещи. Однако после обретения инструментов Тлепш уже не мог обрабатывать железо руками, а высшие силы дали ему наказ не показывать кузнечные орудия людям.

С той поры уже ни разу
К раскаленному железу
Обнажёнными руками
Прикоснуться Тлепш не мог.
Прорубил в скале пещеру,

Поместил в пещере кузню;
Прорицанию поверя,
Не впускал к себе людей.

ПОКРОВИТЕЛЬ СЕМЬИ И БРАКА

Ещё одна черта божественного кузнеца – связь с жизненной силой и покровительство семье и браку. Гефеста, кроме как покровителя ремесленников, также чтили и как устроителя семейной жизни. Кузнец и кузня считались покровителями брака на Кавказе и на Руси. С ними связаны ритуалы обеспечения плодородия у многих народов.

По-видимому, первоначально божества, ставшие впоследствии покровителями кузнецов, символизировали для архаического сознания всеобщую животворящую и созидающую силу, позволяющую не только размножаться растениям, животным и людям, но и изготавливать (творить) различные изделия. С этой же силой связаны и мифы о создании мира или его отдельных частей (неба, солнца, луны, звёзд) богами-ремесленниками, в том числе кузнецами. Кроме того, боги, связанные с вулканическим огнём, ассоциировались с плодородием почв, удобренных вулканическим пеплом, что закрепляло в сознании людей мысль о связи огня, кузнеца и животворящей силы.

Эти представления сохранились в религиозных обрядах некоторых народов, ведущих натуральное хозяйство, до наших дней. Так, в Западной Африке, где, как и в некоторых областях Средней Азии, гончарное дело представляет собой сугубо женское занятие, считается, что горшечница обладает сверхъестественными способностями, потому что она обрабатывает «живую землю» – глину. Горшечница может вступить в брак только с кузнецом, изготовляющим при помощи огня орудия, культовые предметы, магические снадобья. Часто горшечница и кузнец выступают в роли жрицы и жреца во время обрядов, призванных обеспечить плодородие земли.

В индийской ведической традиции работой с металлами занимается бог Тваштар, само имя которого является, скорее всего, эпитетом и означает «создатель, творец». Он также является покровителем брака и деторождения как одной из форм творения. В более поздних текстах вед Тваштар отождествляется с Савитаром и Праджапати, в других – с Вишвакарманом, представителями творческой, оплодотворяющей силы. Тесно связан Тваштар с небесными женщинами, женами богов, наиболее частыми его спутницами.

С этой же жизненной силой, по-видимому, связаны и мифы о создании кузнецами живых существ, а также о «починке» кузнецами тел героев. Для архаичного мифологического сознания процесс починки человеческого тела был аналогичен процессу починки сломанного металлического изделия, которое восстанавливалось в процессе кузнечной сварки, так же как и процесс создания мастером предмета был миниатюрным аналогом процесса сотворения мира. Тот же Тваштар, например, изготовил золотые руки солнечному божеству Савитару.

Кузнец Тлепш из нартского эпоса, помимо изготовления вооружения для нартов, чинил им покалеченные в схватках бёдра и черепа и, как уже говорилось, приделал себе железные ноги взамен отсечённых мечом. Он же закалил в горне тело нарта Сосруко (Сасрыквы), сделав его стальным. Аналогичным образом могущественный нарт Батрадз закалил своё тело в горне небесного кузнеца Курдалагона. У черкесов Тлепш был не только богом-покровителем кузнецов, но и богом-целителем; кузнецы считались также знахарями, а кузница была излюбленным местом лечения.

В космогоническом мифе эвенков верховное божество создало первых людей из глины и воды, а сердце из железа, вдохнув жизнь в виде тепла огня. Уже упомянутый выше мон-кхмерский Бунг сделал для людей крепкие кости из железа, а герой удэгейских ниманку (сказок) Егдыга сковал крепкие клювы и цепкие когти птицам.

Кроме «починки» человека, кузнец представлялся способным создать живое существо. Гефест, кроме Пандоры и «механических» помощниц, сделал треножники для богов, которые передвигались самостоятельно, и медных быков, охранявших Золотое

руно. Слуг ковал себе Эрлик – владыка подземного мира алтайских мифов. Упоминавшийся выше нартский герой Сасрыква появился на свет с помощью кузнеца: некий пастух, воспылав страстью к Сатаней-Гуаше, выпустил в неё с другого берега реки семя, но попал в камень, на котором обозначился человеческий образ. Сатаней-Гуаша отнесла этот камень кузнецу, который высек из него и оживил мальчика.

Бог-кузнец Ильмаринен из финского эпоса «Калевала», потеряв жену, изготовил себе другую из золота и серебра. Однако этот миф был сложен или переработан в более позднее время, когда люди научились разделять в сознании творение природы и человеческих рук. Поэтому в нём подчёркивается невозможность для кузнеца, пусть даже и божественного, сделать полноценное творение природы: получившаяся после многих неудачных попыток женщина была холодна и не смогла заменить Ильмаринену жену; такая же неудача постигла его при изготовлении луны и солнца – они не светили. Зато Ильмаринену удалось с успехом сделать Сампо – аналог чудесной меленки из русской сказки – источник благополучия и изобилия.

СОЗДАТЕЛЬ БОЖЕСТВЕННЫХ АТРИБУТОВ

Следующей чертой бога-кузнеца, которую мы видим и у Гефеста, является функция изготовления атрибутов власти для верховного бога-громовержца, чудесного оружия и предметов быта для других богов. Эта «обязанность» восходит ещё к первому богу-кузнецу Хасамилю. Когда богу солнца (хаттский Эстан, хеттский Истанус) потребовалось построить себе дома (храмы), он призвал свою помощницу – богиню Камрусепу. «И стала она хозяйкой... И воззвала она к всемогущему Кузнецу». Кузнец Хасамиль по её просьбе принес железные орудия и поставил богу солнца очаг из железа.

Божественный мастер западносемитской мифологии Кусар-и-Хусас (умелый и мудрый) – кузнец-оружейник, но его деятельность распространяется и на другие предметы. Его мастерская находится на острове Каптару (Крит). В угаритских мифах Кусар-и-Хусас делает чудесный лук для героя Акхата, палицы для верховного бога-громовержца Балу (позднее – Баал или Ваал), с помощью которых тот побеждает морского бога Йамму. Он создаёт для богов прекрасные вещи – скамеечку для ног, стол, туфли, чашу, строит дворцы из золота, серебра и драгоценных камней.

Индийское божество Тваштар имеет некоторые черты, присущие греческому Гефесту. Подобно последнему, Тваштар – искусный мастер, умеющий делать разнообразные предметы для богов: он сделал палицу Индры, железный топор Брахманаспати. Кроме того, он обладает сосудами, из которых пьют боги волшебный напиток сому, как и Гефест – виночерпий богов, раздающий божественный нектар.

В мифах оружием громовержца часто служит молот, что отождествляет его с кузнецом, для которого молот также является самым важным предметом. Масштаб «деятельности» Громовержца и Кузнеца соответствующий – гром часто почитался не только как проявление гнева громовержца, но и как звук работы кузнеца. Например, в мифологии абхазов бог-кузнец Шьашвы, как и бог грозы Афа, может посылать небесный огонь – молнию, метать каменные или железные стрелы («пули»). Существует абхазская пословица «кузня – это осколок Афы». По-видимому, эта связь кузницы с богом грозы и отождествление бога кузнечного ремесла и громовержца восходят ко времени знакомства людей с метеоритным железом.

Связь кузнеца и громовержца отмечается в мифологии хеттов. Близки громовержец и кузнец в мифах балтийских народов, в которых громовержец часто играет роль кузнеца. Литовский Телявель был кузнецом-помощником бога Перкунаса, подобно тому, как сам Перкунас нередко выступает как кузнец верховного бога Диевса. Аналогичную функцию выполняет латышский Кальвис (Калейс), который выковывает оружие для громовержца Перкунаса, в некоторых вариантах – небеса, солнце, а для дочери бога солнца – пряжку-сакту.

Божественный кузнец грузинской мифологии Пиркуши («сумрачнолицый»), имевший также эпитет «огнепламенный», захваченный в плен дэвами (злыми духами),

Изготовление Сампо. Аксели Галлен-Калела, 1928 г.

куёт для них оружие, золотые и серебряные вещи. Из плена Пиркуши выручает бог Иахсари с условием изготовить ему колокол. Пиркуши также приписывается изготовление чаш, кубков, пивоваренных чанов.

ГАРМОНИЯ, МУЗЫКА И ПРАВИЛЬНЫЙ МИРОПОРЯДОК

На протяжении тысячелетий к кузнечному ремеслу относились все профессии, связанные с обработкой металла: горняки, кузнецы, оружейники, ювелиры. Деятельность кузнеца ассоциировалась с созданием прекрасных произведений – эталонов красоты и гармонии. Недаром женой Гефеста в поздних версиях мифа стала богиня красоты Афродита. По представлениям древних кузнец был близок к искусствам – мог выковать голос, песню. Именно кузнец перековывает грубый голос волка в сказке про семерых козлят. Ильмаринен творит бок о бок с певцом-демиургом Вяйнямёйненом (которого иногда называют его братом) и даже в некоторых версиях финских рун изготавливает для него чудесное кантеле (аналог гуслей). Особенно развит мотив связи кузнеца, музыкального инструмента и песни в шаманской мифологии.

Характерной чертой небесных покровителей металлургии в культурах Африки и Восточной Азии является «ответственность» за истину и правильный миропорядок. Например, египетский бог Птах (сотворивший мир словом), которого греки ассоциировали с Гефестом, являлся покровителем ремёсел, искусства, истины и справедливости. Африканский бог войны и кузнечного дела Огун был также богом правды.

В зороастрийской иранской мифологии покровителем металлов считался Хшатра Вайрья – один из семи «бессмертных святых» из ближайшего окружения верховного божества Ахурамазды. Образ Хшатра Вайрья воплощает идею торжества гармонии, правильного порядка вещей, истины. В поздней мифологии Китая покровителем кузнецов, ювелиров, точильщиков, изготовителей пиал и палочек для еды считался Лао-Цзы – легендарный основатель философского даосизма в Китае, автор «Даодэцзин» («Книга о пути и добродетели»). В мифологии тибетского буддизма божество Гарба-накпо (mgar-ba-nag-po, «чёрный кузнец») – покровитель кузнечного дела, патрон тибетских кузнецов включён в разряд хранителей религии и входит в свиту божества Доржешугдан.

Итак, перечислим черты, характерные для архетипа кузнеца:

- внешнее уродство, проблемы с ногами, в том числе хромота;
- тяжёлый, неуживчивый характер;
- обособленность жилища и мастерской;
- связь с оплодотворяющей жизненной силой, покровительство семье и браку;
- способность изготавливать живых существ и чинить части тела;
- «обслуживание» богов, в первую очередь громовержца, изготовление атрибутов, строительство жилищ для богов; роль виночерпия на пирах;
- связь с искусством, красотой, музыкой;
- «ответственность» за гармонию, истину и правильный миропорядок. ❊

Рекомендуемая литература

Агрикола, Г. О горном деле и металлургии в двенадцати книгах / Г. Агрикола. М. : Недра, 1986. 294 с.

Ацтеки: Империя крови и величия / М. : Терра, 1997. 168 с.

Бакс, К. Богатства земных недр / К. Бакс ; пер. с нем. ; общ. ред. и предисл. Г.И. Немкова. М. : Прогресс, 1986. 384 с.

Бахтиаров, А.А. Иоганн Гуттенберг. Его жизнь и деятельность в связи с историей книгопечатания / А.А. Бахтиаров. СПб. : Типография книгоиздательского товарищества «Просвещение», 1892.

Бехайм, В. Энциклопедия оружия / В. Бехайм ; пер. с нем. СПб. : АО «Санкт-Петербург оркестр», 1995. 576 с.

Блэр, К. Рыцарские доспехи Европы. Универсальный обзор музейных коллекций / К. Блэр ; пер. с англ. Е.В. Ламиновой. М. : ЗАО Центрполиграф, 2006. 256 с.

В поисках Эльдорадо / М. : Терра, 1997. 168 с.

Валериус. Металлургия чугуна / Валериус ; пер. и дополнено В. Ковригиным. СПб. : типография Иосафата Огризко, 1862. 687 с.

Васильев, В.А. Изготовление художественных отливок / В.А. Васильев, Н.И. Бех, Э.Ч. Гини, А.М. Петриченко ; науч. ред. В.А. Васильев. М. : Интермет Инжиниринг, 2001. 303.

Веддинг, Г. Основания металлургии чугуна, железа и стали / Г. Веддинг. СПб. : Издание К.Л. Риккера, 1909.

Великое переселение / М. : Бук Хаус, 2005. 180 с.

Владимиров, Л.И. Всеобщая история книги / Л.И. Владимиров. М. : Книга, 1988. 312 с.

Гайко, Г.И. История освоения земных недр / Г.И. Гайко. Донецк : Східний видавничий дім, 2009. 292 с.

Гомес, Л.Д. Золото Колумбии: Ювелирное искусство индейцев / Л.Д. Гомес ; предисл. Б.Б. Пиотровского. М. : Искусство, 1982. 48 с.

Ефимов, С.В. Оружие Западной Европы XV–XVII вв. Книга I / С.В. Ефимов, С.С. Рымша. СПб. : ООО «Издательство «Атлант», 2009. – 400 с.

Жуков, К.А. Западноевропейский доспех раннего ренессанса / К.А. Жуков, Д.С. Коровкин ; под. ред. А.В. Арановича. СПб. : СПГУТД, 2005. 100 с.

Затерянный мир майя. М. : Терра, 1997. 168 с.

Золото мира / Ред. группа: А. Журавлёв, Л. Дукельская, А. Гусева. М. : Астрель, 2008. 183 с.

Инки – владыки золота и наследники славы. М. : Терра, 1997. 168 с.

Карман, У. История огнестрельного оружия. С древнейших времён до XX века / У. Карман ; пер. с англ. М.Г. Барышникова. М. : ЗАО Центрполиграф, 2006. 299 с.

Келли, Д. Порох. От алхимии до артиллерии: история вещества, которое изменило мир / Д. Келли ; пер. с англ. Александра Турова. М. : Иностранка, 2005. 336 с.

Ламан, Н.К. Развитие техники обработки металлов давлением / Н.К. Ламан. М. : Наука, 1989. 236 с.

Ледебур, А. Металлургия чугуна, железа и стали. Том 1 / А. Ледебур ; пер. с нем. Н.А. Иосса. СПб. : Издание книжного магазина В. Эриксон, 1886.

Металл. М. : Бук Хаус, 2006. 296 с.

Немировский, Е.Л. Изобретение Иоганна Гуттенберга. Из истории книгопечатания. Технические аспекты / Е.Л. Немировский. М. : Наука, 2000.

Новоспасский, А. Металлургия чугуна / А. Новоспасский. М. : Госмашметиздат, 1933.

Окшотт, Э. Археология оружия. От бронзового века до эпохи Ренессанса / Э. Окшотт ; пер. с англ. М.К. Якушиной. М. : ЗАО Центрполиграф, 2004. 398 с.

Окшотт, Э. Рыцарь и его доспехи. Латное облачение и вооружение / Э. Окшотт ; пер. с англ. А.Н. Анваера. М. : ЗАО Центрполиграф, 2007. 187 с.

Перно, Ф. Золото / Ф. Перно ; пер. с фр. У.Х. Дулёвой. М. : ЗАО «БММ», 2007. 224 с.

Перси, Д. Руководство к металлургии. Том II / Д. Перси ; пер. с англ. А. Добронизского. СПб. : Типография А.И. Траншеля, 1869. 566 с.

Перси, Д.. Руководство к металлургии. Часть I / Д. Перси ; пер. с англ. А. Добронизского. СПб. : Типография И. Маркова и Ко, 1865. 468 с.

Плиний Старший. Естествознание. Об искусстве / Плиний Старший. М. : Ладомир, 1994. 941 с.

Промышленность и техника. Энциклопедия промышленных знаний. Том V. Горное дело и металлургия / В. Борхес, Ф. Вюст, Е. Трептов. СПб. : Типография книгоиздательского товарищества «Просвещение», 1901.

Проскуряков, В.М. Иоганн Гуттенберг / В.М. Проскуряков. М. : Журнально-газетное объединение, 1933.

Робертс, Дж. Коксование и полукоксование углей / Дж. Робертс, А. Иенкнер ; пер. с англ. Е.М. Дубнер. Харьков : Государственное научно-техническое издательство Украины, 1938.

фон Винклер, П.. Иллюстрированная история оружия / П. фон Винклер. М. : Эксмо, 2010. 256 с.

Фолкс, Ч. Средневековые доспехи. Мастера оружейного дела / Ф. Чарльз ; пер. с англ. Т.Е. Любовской. М. : ЗАО Центрполиграф, 2006. 207 с.

Фрэнсис, К. История костюма. От крестоносцев до придворных щеголей / К. Фрэнсис, Р. Швабе ; пер. с англ. Т.Е. Любовской. М. : ЗАО Центрполиграф, 2008. 216 с.

Шокарев, Ю.В. История оружия: Артиллерия / Ю.В. Шокарев. М. : АСТ, 2001. 270 с.

Шухардин, С.В. История науки и техники. Часть I. С древних времен и до конца XVIII в. / С.В. Шухардин. М. : Наука, 1974.

Шухардин С.В. История науки и техники. Часть II. С конца XVIII в. до начала XX в. / С.В. Шухардин. М. : Наука, 1976.

Percy, John. Iron and steel / J. Percy. London : J. Murray, 1864. 1006 p.

Phillips, J.A. A manual of metallurgy, or a practical treatise on the chemistry of the metals / J.A. Phillips. Glasgow : R. Griffin and Co., 1854.

Robert, L.G. A History of Coal Mining in Great Britain / R.L. Galloway. BiblioBazaar, LLC, 2009.

The Pirotechnia of Vanoccio Biringuccio: the classic sixteenth-century treatise on metals and metallurgy / translated from the Italian by C.S. Smith and M.T. Gnudi. Reprint. Dover Publications, New-York, 1990.

Zonca, V. Novo teatro di machine et edificii / Vittorio Zonca. Padoua : appresto P. Bortelli, 1607. 137 p.

Указатель имен и названий

Агрикола Георгий – глава 5, распространение книгопечатания
«Алмазная сутра» – глава 5, ксилография
Альберт Великий – глава 9, цинк
Альфингер Амвросий – глава 4, ацтекские металлурги
Альфонс X – глава 3, арабская мода
Анклитцен Константин – глава 3, «дымный порох» Бертольда Шварца
Антипатр Фессалоникский – глава 1, эпиграф
Аристотель – глава 9, цинк
Ассенфратц Ж.А. – глава 7, международное признание
Астрономус Петер – глава 1, «Архимед севера»
Атауальпа – глава 4, Кориканча – золотой квартал

Базакл – глава 1, групповое использование водяных колёс
«Базилика» – глава 3, «век экспериментов»
Байдана – глава 2, русская броня
Бакстед – глава 3, инициатор «малой» Промышленной революции
де Бальбоа Васко Нуньес – глава 4, золото миусков
ибн Бахватайя – глава 3, селитра – «китайский» снег
Бахтерец – глава 2, русская броня
Бенедикт Нурсийский – глава 1, развитие «водной энергетики» в средние века
Беовульф – глава 2, национальные особенности
Бертран Жан Эли – глава 7, «Описание искусств и ремёсел»
Бехайм Вендален – глава 2, национальные особенности
Бехер Иоганн Иоахим – глава 7, теория флогистона
«Бешеная Грета» – глава 3, кулеврины, мортиры и бомбарды
Би (Пи) Шэн – глава 5, подвижные литеры
Бомбарда – глава 3, кулеврины, мортиры и бомбарды
Биллет – глава 2, размеры горнов диктуют форму доспехов
Бирингуччо Ванноччо – глава 3, государственные артиллерийские мануфактуры; глава 5, типографский сплав – гарт
Бирни – глава 2, национальные особенности
аль-Бируни – глава 2, поддоспешная стёганка
Блио – глава 2, романский стиль
Бондок – глава 3, арабская мода
Боуде (Боде) Питер – глава 3, инициатор «малой» Промышленной революции

Бригандина – глава 2, бригандина – светский доспех и первый «выкроенный» костюм
Бронники – глава 2, корпорации оружейников
Бруннеры – глава 2, корпорации оружейников
Буритика – глава 4, золото миусков

Валлонский горн (передел) – глава 10, кричная фабрика
Ван Чжэнь – глава 1, водяные колёса Древнего Китая; глава 5, подвижные литеры
Василий Валентин – глава 9, «хищный» символ
де ла Вега Гарсиласо – глава 4, колькас и кипу, золотые и серебряные города инков
Вильгельм I Завоеватель – глава 1, развитие «водной энергетики» в средние века
Висмутин (висмутная охра) – глава 9, висмут
Витрувий Марк Поллио – глава 1, водяные колёса в Древнем мире
Вобан де – глава 1, развитие «водной энергетики» в средние века
Водотрубная воздуходувка (тромпа) – глава 1, тромпа – водотрубная воздуходувка
Воронение – глава 2, декоративная обработка доспехов

Галмей – глава 9, цинк
Гамбезон – глава 2, доспехи из ремней и чешуи
Гачал – глава 4, ацтекские металлурги
«Гладильный» молот – глава 6, производство жести
Горн каталонский – глава 1, тромпа – водотрубная воздуходувка
Гарц-Маунтэн – глава 1, групповое использование водяных колёс
Генрих VIII – глава 3, инициатор «малой» Промышленной революции
Гервег Георг – глава 5, эпиграф
Грабен – глава 6, добыча и подготовка оловянной руды
Гравировка – глава 2, декоративная обработка доспехов
Грек Марк – глава 3, порох, «огненное копьё» и «греческий огонь»
Греческий огонь – глава 3, порох, «огненное копьё» и «греческий огонь»
Гуанин – глава 4, тумбага

Дадли Дад – глава 8, проблема обезлесения; Дад Дадли
Д'Аламбер – глава 7, «Описание искусств и ремёсел»
Даларна – глава 1, «Архимед севера»
Дарби Абрахам I – глава 8, Абрахам I Дарби
Дарби Абрахам II – глава 8, Коалбрукдейл; успешные опыты Абрахама II Дарби
Дауд (Давид) – глава 2, поддоспешная стёганка
Дидро – глава 7, «Описание искусств и ремёсел»
Донателло – глава 2, сословная одежда и законы против роскоши
Дони Абби – глава 9, пылеуловители средневековья
Ду Ши – глава 1, водяные колёса Древнего Китая
Дюма Александр – глава 3, глобальный рециклинг железа
Дюрер Альбрехт – глава 4, золотые ювелирные шедевры и банальные слитки

Елизавета I Английская – глава 8, проблема обезлесения
Есенин Сергей – глава 6, эпиграф

«Железная лазурь» – глава 3, глобальный рециклинг железа
Жеребейка – глава 3, «медленная» формовка
Жип – глава 2, романский стиль

Зерцала – глава 2, русская броня
Зиген – глава 1, применение энергии воды в металлургии; глава 3, государственные артиллерийские мануфактуры

Змеиногорский рудник – глава 1, групповое использование водяных колёс
Зойзенхофер – глава 2, ковка на шаблоне, закалка и отпуск

Иераполис – глава 1, водяные колёса в Древнем мире
Инка Юпанки Пачакути – глава 4, великие инки
Инти – глава 4, Кориканча – золотой квартал
Испанские белила – глава 9, висмут

Кайфынь – глава 3, порох, «огненное копьё» и «греческий огонь»
Каменное литьё – глава 3, артиллерийские снаряды XIV века
Кастельянос Хуан де– глава 4, эпиграф
Каракольи – глава 4, тумбага
Кардано Джироламо – глава 1, механизация и автоматизация Нового Времени
Карл VIII – глава 3, «век экспериментов»
Карл XI – глава 1, механизация и автоматизация Нового Времени
Карл Смелый – глава 3, самостоятельный род войск
Кечуа – глава 4, великие инки
Киумешти – глава 2, кольчуга
Кигхгофф Пауль – глава 4, зона высоких цивилизаций
Клаустхале – глава 1, групповое использование водяных колёс
Касситерит – глава 6, добыча и подготовка оловянной руды
Коар – глава 2, доспехи из ремней и чешуи
Кобольды – глава 9, кобальт
Колонтарь – глава 2, русская броня
Кольбер Жан Батист – глава 7, Французская Академия наук
Конде – глава 3, арабская мода
Контуазский горн – глава 10, кричная фабрика
Кориканча – глава 4, Кориканча – золотой квартал
Коробчатый панцирь – глава 2, русская броня
Корт Генри – глава 10, искусный комбинатор Генри Корт
Кортес – глава 4, ацтеки
Котарди – глава 2, явление моды
Красноломкость – глава 10, оздоровление чугуна
Кранедж Джордж и Томас – глава 10, проблема «во весь рост»
Кричный горн – глава 3, доменные печи и кричные горны; глава 10, оздоровление чугуна
Кричный передел – глава 10, оздоровление чугуна
Кричный кусок (кричная болванка) – глава 10, кричная фабрика
Кронстедт Аксель Фредерик – глава 9, никель: Революция в естествознании
Кулеврина – глава 3, кулеврины, мортиры и бомбарды
Купферникель – глава 9, никель: Революция в естествознании
Куско – глава 4, великие инки

Лаврентьевская летопись – глава 2, русская броня
Лавуазье Антуан – глава 7, теория флогистона; глава 9, «хищный» символ
Лев VI – глава 3, порох, «огненное копьё» и «греческий огонь»
Леггинсы – глава 2, национальные особенности
Лейденский университет – глава 9, Георг Брандт
«Ленивая девка» – глава 3, кулеврины, мортиры и бомбарды
Леон Педро де– глава 4, золото миусков, великие инки, Кориканча – золотой квартал
Леонардо да Винчи – глава 1, вододействующие мехи
Линней Карл – глава 9, Георг Брандт
Ломбе Томас – глава 1, применение энергии воды в эпоху мануфактурного производства

Лорика сегментата – глава 2, кольчуга
Лорика хамата – глава 2, кольчуга
Лужение – глава 6, защита от коррозии
Луллий Раймонд – глава 2, рыцарский кодекс
Людовик XIV – глава 1, групповое использование водяных колёс; глава 7, Французская Академия наук

Максимилиан I – глава 2, рифлированный доспех
Максимилиановский доспех – глава 2, рифлированный доспех
«Малик и майдан» – глава 3, «дымный порох» Бертольда Шварца
Мануций Альд – глава 5, распространение книгопечатания
Марли-ле-Ройе – глава 1, групповое использование водяных колёс
Мачу-Пикчу – глава 4, золотые и серебряные города инков
Мезоамерика – глава 4, зона высоких цивилизаций
«Медленная» формовка – глава 3, «медленная» формовка
Мехи кузнечные – глава 1, вододействующие мехи
Мехмет II – глава 3, «век экспериментов»
Модфа – глава 3, арабская модфа
Моникира – глава 4, ацтекские металлурги
Монтесума (Монтекусома) II – глава 4, ацтеки
Моос Карл Фридрих – глава 7, начало металловедения
Мортира – глава 3, кулеврины, мортиры и бомбарды
Мочика – глава 4, металлы в культурах древнего Перу

Настыль – глава 9, пылеуловители средневековья
Ниеллирование (ниелло, чернение) – глава 2, декоративная обработка доспехов
Нория – глава 1, водяные колёса в Древнем мире

Оксидирование – глава 2, декоративная обработка доспехов
Одертайх – глава 1, групповое использование водяных колёс
Ор-Сан –Микеле – глава 2, сословная одежда и законы против роскоши
Отбеливание – глава 10, оздоровление чугуна
Обезлесение – глава 8, проблема обезлесения

Панцирь – глава 2, русская броня
Парацельс (Теофраст фон Гогенгейм) – глава 9, цинк; чудеса превращения
Петрарка Франческо – глава 3, эпиграф
Перси Джон – глава 10, самая «мускульная» технология эпохи индустриализации
Пётр I – глава 7, международное признание
Питерзон Хенрик – глава 5, словолитный прибор: стальной пуансон, медная матрица
Плакировщики – глава 2, корпорации оружейников
Порта Джамбаттиста делла– глава 1, тромпа – водотрубная воздуходувка
Полхем (Польхем, Польхаммар) Кристофер – глава 1, «Архимед севера»
«Поясник» – глава 2, волочение проволоки и изготовление колец
Подина (под) печи – глава 4, теория и практика сыродутного процесса
Поло Марко – глава 9, цинк, глава 8, предыстория использования каменного угля
Помфоликс – глава 9, пылеуловители средневековья
Портные-оружейники – глава 2, сословная одежда и законы против роскоши
Прилбица – глава 2, защита головы
Пудлингование – глава 10, проблема «во весь рост»
«Пудль-барс» – глава 10, самая «мускульная» технология эпохи индустриализации
Пурпуэн – глава 2, явление моды
Пушкин А.С. – глава 2, эпиграф

Пуэбла – глава 3, арабская мода
Пфальтц – глава 6, лужение

Де Реаго Хуан Кехада – глава 2, «по единым лекалам»
Рейнольдс Ричард – глава 10, проблема «во весь рост»
«Рено де Монтобан» – глава 2, национальные особенности
«Ременное плетение» – глава 2, доспехи из ремней и чешуи
Рихтер Иеремия – никель: Революция в естествознании
Роджерс Вальдвин – глава 10, совершенствование технологии
Ролевинк Вернер – глава 5, распространение книгопечатания
Рондаш – глава 2, защита головы
Рио Тинто – глава 1, водяные колёса в Древнем мире

Сакс Ганс – глава 5, типографский сплав – гарт
Санта-Фе-де-Богота – глава 4, золото миусков
Сассекс – глава 8, проблема обезлесения
Сварочное железо – глава 3, доменные печи и кричные горны; глава 10, оздоровление чугуна
Сведенборг Эммануил – глава 1, механизация и автоматизация Нового Времени; глава 7, международное признание
Свежевание – глава 10, оздоровление чугуна
Серпентина – глава 3, кулеврины, мортиры и бомбарды
Сидон – глава 2, кольчуга
«Синие руды» – глава 6, обжиг и плавка руды
«Синий чулок» – глава 2, чулки
Сипан – глава 4, некрополь Сипан
Скандинавская мельница – глава 1, водяные колёса в Древнем мире
Смальта – глава 9, кобальт
«Соковое дно» – глава 10, кричная фабрика
Стибнит (антимонит) – глава 9, сурьма
Стюртевант Симон – глава 8, «морской уголь»; Симон Стюртевант – философ и изобретатель
Страбон – глава 9, цинк
Сун Инсин – глава 1, водяные колёса Древнего Китая
Сунь Сымяо – глава 3, порох, «огненное копьё» и «греческий огонь»
Сутужное волочение – глава 2, волочение проволоки и изготовление колец
Сюрко – глава 2, явление моды

Тассеты – глава 2, юбка
Тауантинсуйю – глава 4, великие инки
Таушировка – глава 2, декоративная обработка доспехов
Теночтитлан – глава 4, ацтеки
Теофил – глава 3, «медленная» формовка
Тигельная плавка – глава 1, начало эры металлов
«Томление металла» – глава 4, золото миусков
Томлёная сталь – глава 7, цементация стали по Реомюру
Торквемада Хуан де– глава 4, Чимор
Трейтц – глава 2, ковка на шаблоне, закалка и отпуск
Тумбага (томпак) – глава 4, тумбага
Тунхо – глава 4, ацтекские металлурги
Туция – глава 9, цинк

Уаирас – глава 4, золотые и серебряные города инков
Уайльд Оскар – глава 2, эпиграф

Узел Полхема – глава 1, механизация и автоматизация Нового Времени
Унгут Мейнгард – глава 5, типографский сплав – гарт
Упсальский университет – глава 1, «Архимед севера»; глава 9, Георг Брандт
Урбан – глава 3, «век экспериментов»
«Утиный нос» – глава 6, добыча и подготовка оловянной руды

Фалунский медный рудник – глава 1, механизация и автоматизация Нового Времени
Филипп Орлеанский – глава 7, «Описание искусств и ремёсел»
Филон Византиец – глава 1, водяные колёса в Древнем мире
Фома Аквинский – глава 9, цинк
Фрейле Хуан Родригес – глава 4, Эльдорадо – страна «Позолоченного»
Фришевание – глава 3, доменные печи и кричные горны; глава 10, оздоровление чугуна
Фролов К.Д. – глава 1, групповое использование водяных колёс
Фьярнма Гальвано – глава 2, корпорации оружейников

Хама – глава 1, новый передаточный механизм
Хауберк – глава 2, национальные особенности
Хладноломкость – глава 10, оздоровление чугуна
Холл Джозеф – глава 10, совершенствование технологии
Хтаи Тьён – глава 5, подвижные литеры
Хуабамба – глава 4, золотые и серебряные города инков
Хубилай – глава 3, порох, «огненное копьё» и «греческий огонь»; глава 8, предыстория использования каменного уля
Хуяг – глава 2, доспехи из ремней и чешуи

Цайнер Иоганн – глава 5, типографский сплав – гарт
Цафр (сафр, цаффер) – глава 9, кобальт
Цынь Кунли – глава 3, порох, «огненное копьё» и «греческий огонь»

Чавин-де-Уантар – глава 4, металлы в культурах древнего Перу
Чан-Чан – глава 4, Чимор
Чеканка – глава 2, декоративная обработка доспехов
Чемпион Уильям – глава 9, пылеуловители средневековья
Чень Гуй – глава 3, порох, «огненное копьё» и «греческий огонь»
Чернение – глава 2, декоративная обработка доспехов
Чернь – глава 2, декоративная обработка доспехов
Чешуйчатый (ламеллярный) доспех – глава 2, доспехи из ремней и чешуи
Чугунник – глава 10, кричная фабрика

Шаблон – глава 2, ковка на шаблоне, закалка и отпуск
Шавгаутля порошок – глава 10, оздоровление чугуна
Шараина – глава 2, поддоспешная стёганка
Шварц Бертольд – глава 3, «дымный порох» Бертольда Шварца
Шень Ко – глава 5, подвижные литеры
Шоссы – глава 2, национальные особенности
Шталь Георг Эрнст – глава 7, теория флогистона
Штехцойг – глава 2, турнирные доспехи
«Штыки» – глава 3, глобальный рециклинг железа
Штюкофен (кричная печь) – глава 2, размеры горнов диктуют форму доспехов

Экомузей Берслаген – глава 1, механизация и автоматизация Нового Времени
Энгельсберг – глава 1, механизация и автоматизация Нового Времени
Энсисо Фернандес де – глава 4, тумбага

Юбка-колокол (тонлет) – глава 2, юбка
Юшман – глава 2, русская броня

Яррантон Эндрю – глава 6, лужение; глава 8, «всепожирающие заводы»
Ярык – глава 2, доспехи из ремней и чешуи
«Яцерин» – глава 2, плетение железной рубашки
«Ячменное (ржаное) зерно» – глава 2, плетение железной рубашки
Ящичные меха двойного действия – глава 1, водяные колёса Древнего Китая

Хронология цивилизации и важнейшие события в истории металлургии

Исторические эпохи	**Возрождение**
История техники	**Инструментальный период**
История науки	**Этап опытной науки**
Время	**1350**
Рабочие металлы	«Осталенное» ковкое железо, сталь
Основные технологические схемы	Руда – кричное железо - сталь
Важнейшие освоенные металлургические технологии, агрегаты и продукты	Доменная печь Каталонский горн Пылеуловители Ставы для переработки шламов, Лужение
Важнейшие события металлургической науки	Технические энциклопедии (Бирингуччо, 1540; Агрикола, 1556)

Чугун, сварочное железо, томлёная сталь	Чугун, пудлинговое железо, тигельная сталь
Руда – чугун – сварочное железо – сталь	Руда – чугун – сварочное железо – сталь
Фришевание чугуна, кричный горн Цементация сварочного железа Вагранки, глабальный рециклинг железа Литьё в опоки Литые чугунные рельсы и трубы	Доменная плавка на коксе Пудлингование Тигельная плавка Станы горячей прокатки Рельсы из сварочного железа
Теория науглероживания железа, методология научного эксперимента (Реомюр, 1722) Открытия металлов: кобальт (Брандт, 1735), никель (Кронстедт, 1751)	Объяснение влияния серы и фосфора на свойства сплавов железа (Карстен, 1818)

УДК 669 (091)
М54

Подготовлено и напечатано при спонсорской поддержке ЗАО «Объединённая Металлургическая Компания»

Рецензенты:
д-р ист. наук В.И. Завьялов (Институт археологии РАН);
д-р ист. наук, проф. В.В. Запарий (Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина)

М54 Металлургия и время : энциклопедия. В 4 т. Т. 2. Фундамент индустриальной цивилизации. Возрождение и Новое время / Ю.С. Карабасов, П.И. Черноусов, Н.А. Коротченко, О.В. Голубев. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. – 216 с. : ил.
ISBN 978-5-87623-538-1

Энциклопедия «Металлургия и время» включает четыре тома, содержание которых отражают более десяти тысячелетий, пройденных металлургией. Подробно и популярно изложены ключевые моменты развития металлургии. Рассмотрены социальные, политические, экологические и другие объективные и субъективные обстоятельства появления изобретений и открытий в области металлургического искусства. Это позволяет сформировать целостную картину постепенного взаимосвязанного культурного, социально-политического и технического развития современной индустриальной цивилизации, в основе которой лежат металлургические технологии.
Книга ориентирована на широкий круг читателей.

УДК 669(091)

ISBN 978-5-87623-538-1 (Т. 2)
ISBN 978-5-87623-536-7

© ЗАО «Объединённая Металлургическая Компания», 2011

Справочное издание

Металлургия и время: энциклопедия.
Т. 2. Фундамент индустриальной цивилизации. Возрождение и Новое время

Компьютерная верстка и дизайн ИИС «Металлоснабжение и сбыт»: В.А. Корнилов, А.Г. Ромицин, А.Л. Рубан
Подписано к печати ...09.2011 г. Формат 70x100/8
Бумага мелованная. Печать офсетная. Печ. л. 27,0. Тираж 1000 экз. Заказ…..

ЗАО «Объединённая Металлургическая Компания»,
115184, Москва, Озерковская набережная, д. 28, стр. 2

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4

Издательский Дом МИСиС,
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4

ИИС “Металлоснабжение и сбыт”,
129085, Россия, Москва, ул. Б. Марьинская, д. 9, стр. 1

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС,
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4
Тел. (499) 236-76-17, (495) 638-45-22, тел./факс (499) 236-76-35