

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 93

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ**
Технологический университет



Кафедра руднотермических процессов

П. И. Черноусов
В. М. Мапельман
О. В. Голубев

МЕТАЛЛУРГИЯ ЖЕЛЕЗА В ИСТОРИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров и дипломированных специалистов «Металлургия» и «Физическое материаловедение»

УДК 669.11:008(091)

Ч-49

Рецензент

д-р техн. наук, проф. *Л. Н. Белянчиков*

Черноусов П. И., Мапельман В. М., Голубев О. В.

Ч-49 **Металлургия железа в истории цивилизации: Учеб. пособие.** – М.: МИСиС, 2006. – 350 с.

В учебном пособии приведены сведения о развитии техники и технологии металлургии железа во взаимосвязи с историей цивилизации начиная с древнейших времен до окончания эпохи Средневековья. Изложены современные представления о закономерностях возникновения и развития металлургического производства. Сформулирована гипотеза о роли ресурсов металлов в формировании государственной и общественной структуры стран и народов Древнего мира. Рассмотрено становление основ научной металлургии. Описана этимология некоторых металлургических терминов.

Издание содержит приложения, в которых представлены материалы для проведения практических занятий по определению технологических параметров металлургических производств Древнего мира и средневековья, а также варианты домашних, контрольных и тестовых заданий. Они прошли более чем десятилетнюю апробацию в рамках преподавания курса «История металлургии железа» в МИСиС.

Пособие предназначено для студентов технических вузов всех специальностей направлений «Металлургия» и «Физическое материаловедение», но может быть полезно и широкому кругу специалистов металлургического профиля, студентам исторических вузов, учащимся специализированных техникумов, школ и других средних учебных заведений.

© Московский государственный институт
стали и сплавов (технологический
университет) (МИСиС), 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	6
Глава 1. Зарождение металлургического производства.....	7
1.1. Периодизация истории человечества и металлургия.....	7
1.2. Минералы железа в древней истории человечества.....	10
1.2.1. Основа цивилизации – камень.....	10
1.2.2. Гётит ($\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$) (гидрогётит, лимонит, бурый железняк).....	12
1.2.3. Гематит (Fe_2O_3).....	14
1.2.4. Сидерит (FeCO_3).....	16
1.2.5. Пирит и марказит (FeS_2).....	16
1.2.6. Магнетит ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$).....	18
1.3. Закономерности появления и развития металлургии.....	18
1.4. Древние металлы.....	26
1.4.1. Золото.....	27
1.4.2. Электрум (электрон).....	33
1.4.3. Метеоритное железо.....	34
1.4.4. Серебро.....	39
1.4.5. Свинец.....	41
1.4.6. Ртуть.....	49
1.4.7. Медь.....	51
1.4.8. Бронза и латунь.....	55
1.4.9. Олово и оловянная бронза.....	59
Глава 2. Металлургия в цивилизации Древнего мира.....	63
2.1. «Технократические» государства Древнего мира.....	63
2.1.1. Хеттское государство – родина железа?.....	64
2.1.2. Этруски – предтечи европейской цивилизации.....	72
2.1.3. Кельты – «факелоносцы Древнего мира».....	81
2.2. Ресурсы металлов и развитие цивилизации.....	91
2.2.1. Египет – страна золота и меди.....	92
2.2.2. Ассирия – первая мировая империя.....	95
2.2.3. Рим – величайшая империя Древнего мира.....	97
2.2.4. Ресурсы как фактор государственного развития.....	101
2.3. Особенности металлургического производства в странах Востока.....	103
2.3.1. Древний Китай.....	103
2.3.2. Древняя Индия.....	111

Глава 3. Ранние металлургические технологии.....	115
3.1. Извлечение железа из руд.....	115
3.1.1. Тигельная плавка.....	116
3.1.2. Сыродутный горн.....	118
3.2. Термохимическая и термомеханическая обработка железа и стали. Рециклинг металлолома.....	124
3.3. Волочение металлов.....	128
3.4. Монетное дело.....	132
3.4.1. Монетное дело в Древней Греции.....	134
3.4.2. Римские монеты.....	138
3.4.3. Древняя технология чеканки.....	143
3.4.4. Литые монеты Китая.....	144
3.4.5. Роль монетного дела в развитии металлургии.....	145
Глава 4. Древняя металлургическая терминология.....	147
4.1. Происхождение термина «железо».....	147
4.2. Старорусская металлургическая терминология.....	150
Глава 5. Металлургия железа в средневековье.....	154
5.1. Пути прогресса.....	154
5.2. Ландшафт – важнейший металлургический ресурс средневековья.....	157
5.2.1. Штюкофен и осмундская печь.....	159
5.2.2. Каталонский горн.....	162
5.3. Доспехи.....	165
5.3.1. Кольчуга.....	167
5.3.2. Пластинчатый доспех.....	171
5.3.3. Облегченный доспех.....	174
5.3.4. Рыцарский костюм определяет моду.....	174
5.3.5. Рыцарский кодекс.....	179
Глава 6. Качественная металлургия средневековья.....	180
6.1. Белая жечь.....	180
6.2. Металлургия высококачественных оружейных сталей.....	187
6.2.1. Легенды и исторические свидетельства.....	187
6.2.2. Терминология и классификация.....	192
6.2.3. Технологии получения высококачественных сталей.....	196
6.2.4. Ковка и закалка оружейного металла.....	201
6.2.5. Русский булат.....	205
6.2.6. Тайна литой стали.....	208
Глава 7. Огнестрельная техника и металлургия чугуна.....	212
7.1. Зарождение артиллерии.....	213
7.1.1. Изобретение пороха.....	213

7.1.2. Появление огнестрельной техники	218
7.2. Становление и развитие артиллерии	222
7.2.1. Появление артиллерии на Руси	222
7.2.2. Развитие артиллерии во второй половине XIV–XV вв. ...	226
7.2.3. Первые артиллерийские снаряды	232
7.3. Пушечно-литейное производство	233
7.3.1. Самостоятельный род войск	234
7.3.2. «Медленная формовка»	236
7.3.3. Баллистика – наука позднего Средневековья	239
7.3.4. Русская бронзовая артиллерия XVI в.	240
7.3.5. Царь-пушка – выдающийся памятник отечественного литейного искусства	245
7.4. Чугун – главный металл цивилизации	252
7.4.1. Роль Англии в развитии Европы в XVI в.	252
7.4.2. Военные программы и развитие металлургии	255
7.4.3. Агрегаты для производства чугуна	258
7.5. Формирование двухстадийной схемы «руда – чугун – ковкое железо»	262
7.6. Древесный уголь	264
7.6.1. Технология углежжения	266
7.6.2. Энергетический кризис в Европе	272
Глава 8. Начало металлургической науки	276
8.1. Жизнь ученого в эпоху Ренессанса	276
8.2. Научные труды Бирингуччо и Агриколы	282
Библиографический список	291
Приложение 1. Практические занятия	292
Практическое занятие № 1 «Производство тигельной стали из железных руд»	292
Практическое занятие № 2 «Производство кричного железа в сыродутных горнах»	298
Практическое занятие № 3 «Определение параметров процессов переработки железных руд в средние века (IX–XVI вв.)»	306
Практическое занятие № 4 «Определение минимальной потребности в производстве железа Московской Руси первой четверти XVII в.»	320
Приложение 2. Контрольные вопросы	326
Приложение 3. Кроссворд	343

Именно знание истории отличает образованность от дикости.

А. С. Пушкин

Если бы цена вещей определялась по их полезности, железо должно бы считаться драгоценнейшим из металлов.

*В. Левшин. Словарь
коммерческий. Конец XVIII в.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из мировых тенденций развития высшей школы последних десятилетий является ее гуманитаризация. Анализ опыта современного фундаментального образования показывает, что конкурентоспособный инженер помимо высококачественной профессиональной подготовки должен обладать знаниями, позволяющими ему успешно ориентироваться в экологических, социальных и психологических вопросах, связанных с последствиями реализуемых инженерных решений, а также неуклонно следовать канонам профессиональной этики. В этом отношении большие возможности предоставляет изучение индустриального наследия цивилизации и истории развития специальности во взаимосвязи с социально-политической историей общества. Необходимо отметить, что процессы, определяющие пути развития цивилизации, многообразны, взаимосвязаны и взаимозависимы, а закономерности их функционирования часто имеют сложный, синтетический характер.

Авторы предприняли, возможно, первую в России попытку систематизировать, проанализировать и изложить вышеупомянутые проблемы в рамках одного учебного пособия. Основой для пособия послужили материалы курса «История металлургии железа», преподаваемого в МИСиС с 1993 г. В издание вошли материалы, охватывающие эпохи зарождения металлургического производства, – Древнего мира и Средневековья, но авторы предполагают в дальнейшем осуществить издание полного курса, включающего период вплоть до начала XX в.

Глава 1. ЗАРОЖДЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Периодизация истории человечества и металлургия

Когда варвар, продвигаясь вперед, шаг за шагом, открыл самородные металлы и научился плавить их в тигле и отливать в формы; когда он ...создал бронзу; и, наконец, когда еще большим напряжением мысли он изобрел горн и добыл из руды железо – девять десятых борьбы за цивилизацию было выиграно.

Г. Л. Морган

Периодизацию истории человечества принято осуществлять на основе достижения цивилизацией определенного материального уровня развития, т. е. орудий труда и идущих на их изготовление материалов. Эта общепринятая в настоящее время естественно-историческая периодизация была предложена в 1816 г. Христианом Юргенсом Томсеном (рис. 1.1) – удачливым датским коммерсантом и известным филантропом, получившим всемирную известность в качестве знатока древней истории человечества. Начиная с 1816 г. Томсен являлся руководителем Королевской комиссии по охране и содержанию памятников старины, и в значительной степени именно благодаря его усилиям был создан знаменитый Национальный музей в Копенгагене – до настоящего времени один из крупнейших и богатейших в Европе.

Особая заслуга Томсена состоит в последовательной систематизации археологических находок: распределяя их в хронологическом порядке в зависимости от материала, из которого они были изготовлены, Томсен пришел к следующему делению антропогенной истории на три периода – «века»: камен-

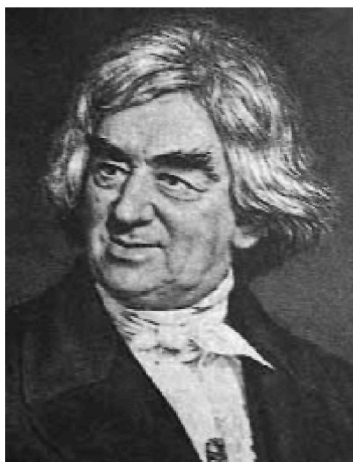


Рис. 1.1. Христиан Юргенс Томсен (1788–1865)

ный, бронзовый и железный. После того, как в конце XIX в. выдающимся французским химиком Пьером Бертло было установлено, что наиболее древние из известных металлических изделий были изготовлены не из бронзы, а из меди, к хронологической таблице был добавлен еще один век – «медно-каменный», и она приняла хорошо известную современную форму. В западной исторической терминологии в последние годы получил распространение термин «рабочий металл», предложенный английским археологом-металловедом Энтони Снодграссом, т. е. металл, выполняющий на данном этапе развития цивилизации основные технологические функции. Таким образом, согласно общепринятой строгой естественно-исторической классификации мы, т. е. человечество, живем в настоящее время в железном веке, поскольку именно железо и его сплавы являются основным рабочим материалом современной цивилизации. Несмотря на быстрое развитие производства конструкционных пластмасс, алюминия и цемента, на ближайшую перспективу (по крайней мере, 100–200 лет) железо, безусловно, должно сохранить эти ведущие позиции.

Датировка исторических веков, периодов и эпох затруднена и зачастую принимается отдельными исследователями произвольно, в зависимости от учета тех или иных археологических находок. Существенное влияние на этот процесс в последние годы оказывают быстро и динамично развивающиеся современные методы исторических исследований: «практическая археология»¹, сравнительная лингвистика праязыков, историческая этнография², антропология³ и иммунология⁴, новые способы глубокого математического анализа текстов старинных рукописей и описываемых в них астрономических событий. Однако следует отметить, что, как правило, новые изменения датировки событий антропогенной истории производятся в сторону их «удревнения» и очень редко в сторону «омоложения» истории человеческой цивилизации. В дальнейшем описании различных исторических событий мы будем придерживаться общепринятой хронологической традиции (табл. 1.1).

¹ Наука, сформировавшаяся в 1970–80-х гг. и основывающаяся на воспроизведении в современных условиях методов древней техники и технологий.

² Наука, изучающая происхождение, закономерности расселения, бытовые и культурные особенности народов и их видоизменения в процессе взаимодействия с другими народами.

³ Наука, изучающая происхождение и эволюцию человека, образование человеческих рас.

⁴ Наука о защитных свойствах человека, особенностях иммунитета и его передаче на генетическом уровне.

Таблица 1.1

**Соотношение общепринятой хронологии цивилизации
с важнейшими событиями в истории металлургии**

Исторические эпохи и периоды		Время	Основные «рабочие металлы»	Важнейшие события в истории металлургии		
Новейшая история		1900	Литая сталь	Электросталеплавильные печи Агломерационные процессы		
Новое время		1850		Чугун	Конвертор и мартеновская печь	
		1750	Каменноугольный кокс Двухстадийная схема: «руда – чугун – сталь»			
		1600	Прокатные и волочильные станы Молотовые фабрики Доменная печь			
Средневековые	Позднее		500	Волочение железной проволоки		
	Раннее					
Древний мир	Железный век	Латенский период	Новая эра 0	«Осталенное» ковкое железо	Специализированные производства, развитие рециклинга (Римская империя) Начало переработки шлаковых отвалов (Древняя Греция) Синтетический чугун (Китай, Индия)	
			до н. э.			
		500				
	Бронзовый век	Галльштатский период	1200		Оловянная бронза	Рециклинг бронзового лома
		Поздний	2000		Мышьяковая бронза	Сыродутный горн
		Ранний	3000			Металлические сплавы
Каменный век	Эпоха шлифованного камня	Хальколит	4000	Медь	Литейное производство	
		Неолит	6500	Самородное золото и медь	Тигельная плавка	
		Мезолит	40000		Ковка самородных металлов	
	Эпоха тесаного камня	Палеолит	2,5 млн лет	–	–	

Нетрудно заметить, что многие важнейшие революционные события в развитии цивилизации хронологически совпадают, а часто и определяются освоением новых металлургических технологий, но-

вых металлов и сплавов. Так, например, нельзя не обратить внимание на то, что начало собственно металлургического производства, связанного с освоением выплавки меди в специально устраиваемом для этого агрегате – «волчьей яме», хронологически соответствует появлению предписменности, т. е. началу общения между людьми посредством абстрактных символов. Появление колесных повозок непосредственно следует за освоением производства первых мышьяковых бронз. По мнению большинства ученых-историков, переход к новой социальной организации человеческого общества – патриархату явился прямым следствием развития его производительных сил, что выразилось в освоении производства изделий из бронзы и переходе от медно-каменного века к бронзовому. Наконец, современная структура общественно-экономических отношений, основанная на денежном обращении, сложилась в привычном для нас виде в начале латенского периода железного века, когда железо, собственно, и стало основным металлом цивилизации. Таким образом, не будет большим преувеличением сказать, что история человеческой цивилизации в последние 10–12 тыс. лет, по существу, определяется развитием металлургии.

1.2. Минералы железа в древней истории человечества

Одним из определяющих условий начала производства металла являются знания о минералах, содержащих данный металл. Эти минералы должны быть заметны, обращать на себя внимание как своеобразным внешним видом, так и некими специфическими свойствами, которые древний человек мог использовать, в том числе и в архаичных термических процессах. Отметим, что все минералы железа, которые подробно рассматриваются ниже, подобными внешними данными и свойствами обладают в полной мере.

1.2.1. Основа цивилизации – камень

История первобытного человеческого общества была неразрывно связана с камнем и изделиями из него. Самые примитивные из этих изделий представляли собой обыкновенную речную гальку, оббитую с одного края. Возраст древнейших каменных орудий около 2,5 млн лет.

Сначала наши пращуры использовали любую гальку. Однако, осваивая новые территории, они стали проявлять интерес к самым разнообразным горным породам. Трудно сказать, когда первобытный

человек научился их различать, но то, что его излюбленным камнем на протяжении всего антропогена стал кремль, известно достоверно. Это пристрастие обусловлено удивительным свойством кремня – его способностью при направленных ударах не раскалываться на куски, а давать тонкие отщепы и пластины с острыми краями. Оббив камень с разных сторон, древний человек получал ручное рубило и множество острых отщепов. И то и другое находило применение: рубила использовались для обработки дерева, отщепы – для резания мяса.

Прошло немало времени, прежде чем человек научился отделять от кремневых камней пластины. Это потребовало развития определенных навыков обработки камня. Они заключались в особой технике нанесения последовательных ударов: сначала от краев обрабатываемого предмета к центру, что напоминало «черепашью спинку», а затем перпендикулярно этой поверхности. «Черепашью спинку» скалывали несколькими точными ударами. Расщепляя таким образом камень, древний мастер получал одну или несколько пластин – прекрасный материал для изготовления наконечников копий, скребков и ножевидных инструментов. Именно в кремне была впервые найдена и воплощена форма таких известных орудий, как топор, серп, нож, молоток.

Высокими потребительскими свойствами обладали также яшма – крепкая и очень твердая порода, обсидиан и нефрит. Однако эти камни встречались и встречаются в природе значительно реже, чем кремль.

Покидая стойбище, древние люди, как свидетельствуют раскопки, оставляли множество заготовок и отходов производства кремневых орудий. Ташить их с собой было слишком тяжело, поэтому в поход отправлялись, захватив лишь часть готовых изделий. А потребность в них была очень велика. Об этом говорит тот факт, что при раскопках одной из стоянок древнего человека во Франции из земли было извлечено свыше 20 тыс. кремневых топоров.

К моменту, когда человеком впервые был выплавлен металл, мастерство поиска, добычи камней и изготовления из них орудий достигло небывалых высот и превратилось в настоящую индустрию. Удивительным техническим достижением людей эпохи неолита следует считать добычу кремней в настоящих шахтах с вертикальным стволом глубиной до 10 м с короткими штреками.

В неолите были широко распространены наборные и шлифованные орудия из яшмы. Богатые ею регионы, например Южный Урал, стали поставлять этот материал и готовые изделия из него на соседние территории. Каменные топоры, сделанные из красно-зеленой, голубой, коричневой и многоцветной уральской яшмы, превратившиеся к тому времени в грозное боевое оружие, находят на стоянках неолита в Западной Сибири, Казахстане и других регионах.

Итак, в древности люди хорошо знали многие минералы и умели использовать их свойства. Доказательством тому служат обнаруженные археологами на многих стоянках древнего человека острейшие кремниевые и обсидиановые ножи и наконечники стрел, топоры и молотки из нефрита и яшмы, рисунки на стенах пещер, сделанные минеральными красками.

Древнейшие из дошедших до нашего времени сведения о камнях и опыте их использования содержат и письменные источники: древнеегипетские папирусы, индийский эпос (XI–X вв. до н. э.), китайские хроники (XX в. до н. э.). В древнем китайском сочинении «Сан-Хэй-Дин» («Сказание о горах и морях»), написанном на костяных, деревянных и нефритовых пластинах, датированном XX в. до н. э., описаны цвет, твердость, плавкость и поисковые признаки 17 минералов, в том числе всех основных рудных минералов железа, которые далее рассмотрим подробно.

1.2.2. Гётит ($\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O(OH)}$) (гидрогётит, лимонит, бурый железняк)

Этот экстравагантный минерал получил свое название в честь И. В. Гёте – гениального поэта, а кроме того, выдающегося натуралиста и знатока минералов. По-видимому, именно он, во всем многообразии его проявлений, и стал первой рудой, из которой люди научились извлекать железо.

На земной поверхности железо в двухвалентной форме медленно выщелачивается из горных пород почвенными и речными водами, содержащими растительные гумусовые кислоты. На лугах и других открытых местах, в насыщенной кислородом воде озер оно окисляется до трехвалентного и осаждается в виде нерастворимого гётита, образуя «озерные», «луговые» и «дерновые» руды (рис. 1.2). Отсюда происходит еще одно название гётита – лимонит – от греческого слова «леймон», что значит «мокрый луг» или «болото».



Рис. 1.2. Добыча «озерных» (а) и «луговых» (б) руд

Строго говоря, лимонит это не минерал, а смесь различных минералов – гидроксидов железа, из которых главным и является гётит. По существу лимонит – «природная ржавчина», откуда (за характерный ржаво-бурый цвет) происходит другое его название – «бурый железняк». Именно в болотах, озерах и на морском мелководье возникают необычные на вид лимонитовые руды. Лимонит таких руд напоминает бобы или мелкие птичьи яйца. Поэтому широкое распространение получили такие названия лимонита, как «бобовая руда» или «гороховый камень». Однако и это еще не полный перечень проявлений гётита: и пачкающие руки рыхлые охры, и лаково-черные гроздья и почки, и каскады сосулук, и нежно-бархатные покровы и подушечки в трещинах и пещерах, и блестящие веера и алмазно-черные, либо рыжие иголки и волоски в кристаллах аметиста – все это гидроксиды железа, т. е. гётит или гидрогётит. Кроме того, гётит распространен в виде «бурой стеклянной головы» – красивых сферолитовых корок с лаково-черной поверхностью.

О том, как добывали лимонитовую железную руду наши предки, повествует, например, известный карело-финский эпос «Калевала»:

... в болоте, под водою
Распростерлося железо...
Для себя защиты ищет
В зыбких топях и болотах
И в протоках быстротечных...
Из болот железо взяли,
Там на дне его отрыли,
Принесли его к горнилу.

1.2.3. Гематит (Fe_2O_3)

Гематит – минерал с великолепными внешними данными – красивой формой, сверкающими гранями, прекрасным, от стального до железно-черного цветом, с тем особенным красноватым оттенком, который отчетливо выделяет гематит среди похожих на него минералов. Современное название этого минерала впервые встречается у Теофраста (древнегреческого естествоиспытателя и философа, жившего в 372–287 гг. до н. э., написавшего трактат «О камнях»). Оно происходит от греческого слова «гэма» – кровь, что связано с вишневым или сургучно-красным цветом порошка минерала, как и синонимы гематита – «крававик», «красный железняк». Еще один старинный синоним гематита – «железный блеск». Кристаллы гематита обладают высокими твердостью и плотностью, сильным полуметаллическим блеском, вишнево-красным цветом. Особые блестящие кристаллы таблитчатой формы раньше называли «спекуляритом», а тонкопластинчатые, иногда собранные в параллельные пакеты, – «железной слюдкой».

Весьма распространена сферолитовая кора гематита; в старину немецкие горняки называли ее «Roter Glaskopf» – «красная стеклянная голова». Гораздо реже встречается другая форма расщепления кристаллов гематита – «железная роза», где пластинчатые кристаллы располагаются наподобие карт в развернутой колоде. Ценятся «железные розы» наравне с самыми дорогими минералами. Знаменитые образцы происходят из Швейцарских Альп (Сен-Готард), хрустальных пещер приполярного Урала и Памира. Всемирной славой пользуются кристаллы и друзы гематита с острова Эльба, воспетые еще римским поэтом Вергилием. Гематит встречается также в плотных массах, в своеобразных порошковых выделениях («железная сметана»), а больше всего – в виде зернистых вкраплений в различных породах. В значительных количествах он выделяется при вулканических процессах. Известен факт, когда в 1817 г. при извержении Везувия всего за 10 суток образовалась метровая толща гематита.

Плотный гематит – великолепный минерал для вырезания различных фигурок. Именно от гематита происходит слово «гемма», обозначающее резной камень. В Древнем Египте и Вавилоне резной гематит широко использовался в качестве украшений, в Древней Греции резные камни на свой лад выполняли функции замков и ключей. Все то, что мы привыкли запирать, греки запечатывали личной печатью. Для изготовления таких печаток с углубленным изображением использовались чаще всего гематит и халцедон.

Другой сферой применения гематита была медицина. Знаменитый медик античности Диоскор называл гематит в числе пяти главных камней для врачевания (наряду с янтарем, лазуритом, нефритом и малахитом). Гематиту приписывалась способность заживлять кровоточащие раны, врачевать болезни мочевого пузыря и венерические заболевания.

Тонкий порошок гематита «крокус» в древности использовался для полировки золотых и серебряных изделий. Надо отметить, что абразивные свойства минерала, в отличие от медицинских, не потеряли своего значения и по сей день.

Однако, по-видимому, первым предназначением гематита стало его применение в виде минеральной краски. Древнейшая находка гематитовых красок в человеческих погребениях датируется примерно 40 тыс. лет до н. э. В 1954 г. во время раскопок стоянки «Маркина гора» у села Костенки Воронежской области на глубине 4,5 м была обнаружена могила, дно которой и кости скелета были обильно присыпаны мелкой красной охрой. Большую известность получила и другая находка минеральных красок: красных (из оксидов железа) и зеленых (из оксидов меди) во время раскопок около деревни Малая Сья у восточных отрогов Кузнецкого Алатау. Вообще, практически все известные человечеству фрески каменного века, созданные 15–20 тыс. лет назад, написаны красными и коричневыми оксидами и гидроксидными железа. Таковы изображения бизонов Альтамирской пещеры (Испания), оленей пещеры Фон-де-Гом (Франция), мамонтов Капской пещеры (Сибирь), антилоп, быков и охотников в Тассили (Алжир).

Красная гематитовая краска – мумия – являлась обязательным компонентом мумифицирования у древних египтян (откуда и происходит ее название). Амулеты из гематита в строго определенном порядке укладывались между бинтами мумий фараонов. Вплоть до средневековья единственной желтой краской была охра. Она изготовлялась путем смешивания гематита с мелом. Лучшими охрами эпохи античности считались аттические, а также добываемые на ост-

ровах Скирос и в Ахайе (Балканы). Позднее краску желтого цвета стали изготавливать из смеси оксида свинца с суриком.

Наконец, удивительные кристаллы кровавика («камня скорпиона») находили особое применение в средневековой магии. Только при наличии на пальце перстня с кровавиком средневековый маг мог дерзнуть вызвать к общению духов умерших.

1.2.4. Сидерит ($FeCO_3$)

Еще одним претендентом на звание первого рудного минерала железа в истории человечества является сидерит. Его природные проявления являются, пожалуй, наименее эффектными среди других железных руд. Они представляют, как правило, почки, конкреции или оолитовые (шаровидные) текстуры многочисленных коричнево-желтых оттенков.

Название минерала происходит от греческого слова «сидерос» – железо (которое, в свою очередь, обозначает также звезду, т. е. железо – это звездный металл, металл, приходящий с неба). Существует, однако, и другая версия происхождения слова «сидерос», получившая распространение в последние десятилетия. Согласно этой версии греческое «сидерос» имеет кавказское происхождение от корня «сидо», что означает «красный». Важным обстоятельством, подтверждающим эту версию, является общепризнанный факт, говорящий о том, что родиной рудного железа является Малая Азия, откуда посредством связей с легендарным народом кузнецов – халиберов, о железе узнали и древние греки. Отсюда же происходит еще одно название минерала – халибит. Другие распространенные названия: гирит, флинц, железный шпат, белая руда.

Особенно большое значение сидеритовые руды сыграли в развитии металлургии железа раннего Средневековья, когда главным центром его производства стал Альпийский регион. Именно в Альпах находятся известные месторождения сидерита: Нейдорф и Эруберг, а также знаменитая «железная гора» – Айзенерц.

1.2.5. Пирит и марказит (FeS_2)

Название «пирит» происходит от греческого слова «пирос» – огонь, огнеподобный. Удар по нему рождает искры, поэтому в древности кусочки пирита служили идеальным кресалом. Свое второе имя – «колчедан» минерал получил в XVI в. – оно было присвоено пириту выдающимся немецким ученым Агриколой (Георгом Бауэром) и также имеет греческие корни, поскольку происходит от названия греческого полуострова Халкидики, богатого различными

рудами. Впоследствии название «колчеданы» распространилось и на весь класс сульфидов, подобных пириту, а собственно пирит стали называть железным или серным колчеданом.

Желтый цвет пирита иногда маскируется бурой или пестрой побежалостью, поскольку он часто содержит примеси мышьяка, кобальта, никеля, реже – меди, золота, серебра. Самым характерным в облике минерала является форма его кристаллов – чаще всего это куб. Самый крупный из известных кристаллов пирита, размером 50 см по ребру, был найден близ города Ксанти в северо-восточной Греции. В Древней Индии кристаллы пирита выполняли роль амулета, защищавшего от крокодилов.

В природе пирит широко распространен и очень заметен. Он буквально бросается в глаза золотистым цветом, ярким блеском почти всегда чистых граней, четкими кристаллическими формами. По этим причинам пирит известен с глубокой древности. Цветом и блеском он напоминает латунь, и даже золото, за что заслужил когда-то снисходительное прозвище «кошкино золото». Еще ярче блестит полированный пирит. Из полированного пирита делали зеркала древние инки. Древнейшими известными месторождениями пирита являются Рио-Тинто и Новохун (Испанские Пиренеи), Рио-Марина (остров Эльба), Уральские горы.

Удивительным свойством пирита является замещение его кристаллами в восстановительной среде органических останков. При этом образуются эффектные окаменелости: пиритизированные раковины, куски древесины и даже целые фрагменты стволов и других частей растений и пр. Процесс замещения может идти очень энергично: в известном случае «фалунского человека» тело рудокопа, погибшего в глубокой (свыше 130 м) выработке, было полностью замещено пиритом всего за 60 лет. При этом сохранился внешний вид человека. Возможно, отсюда и происходит знаменитая легенда о «каменном госте», известная у многих народов мира.

Марказит имеет тот же химический состав, что и пирит, но иную кристаллическую структуру и встречается гораздо реже пирита. В античные времена пирит и марказит отождествляли. Немецкие горняки позднего Средневековья, называя оба этих минерала серными колчеданами, все же выделяли марказит в особую разновидность: «копьевидный», «лучистый», «гребенчатый» колчедан.

Лишь в 1814 г. выдающийся минералог Р.-Ж. Гаюи убедился в том, что марказит – особый минерал, а в 1845 г. австрийский минералог В. К. Хайденгер составил его первое научное описание и закрепил название «марказит». Древнее арабское «марказит» первоначально

чально обозначало также пирит, сурьму и висмут. Ювелиры до сих пор называют пирит «марказитом».

1.2.6. Магнетит ($Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$)

Магнетит очень тяжелый минерал, обладающий полуметаллическим «тусклым» блеском, железно-черного цвета, с синей или радужной побежалостью. Для магнетита характерны черно-серые кристаллы.

По одной из легенд, как сообщает римский ученый Плиний, магнетит был назван в честь греческого пастуха Магнеса. Магнес пас свое стадо на одном из малоприметных плоскогорий в Фессалии и вдруг его посох с железным наконечником и его подбитые гвоздями сандалии притянула к себе гора, сложенная сплошным серым камнем. Именно магнитность является редчайшим среди минералов отличительным свойством магнетита. О магнетите писали многие ученые и поэты Древнего мира и средневековья: Аристотель посвятил ему специальное сочинение («О магните»), Лукреций и Клавдиан описывали в стихах («...у железа магнит заимствовал жизнь и сила железа пищею служит ему...»), в сказках «Тысяча и одна ночь» рассказывается о магнитной горе среди моря, сила притяжения которой была столь велика, что выдергивала гвозди из кораблей, которые тут же разрушались и тонули.

Изучая таинственную силу магнитного железняка, древнегреческий философ Фалес из Милета писал: «...магниту, как и янтарю, присуще некое подобие души...». Однако реальное применение магниту, по-видимому, впервые было найдено в Китае, где во II в. до н. э. был изобретен компас. Древнейшие из известных компасы в странах Востока имели вид маленькой тележки, на которой сидел железный человечек и указывал протянутой рукой на юг.

Таким образом, задолго до открытия металлов минералы железа привлекали к себе внимание человека и широко им использовались. Поэтому можно с уверенностью утверждать, что «случайное» открытие способа выплавки железа из руды было хорошо подготовлено всей предыдущей историей развития цивилизации.

1.3. Закономерности появления и развития металлургии

Как же произошло первое знакомство человека с металлом и откуда берет свое начало металлургическое производство? По современным представлениям первыми металлами, с которыми мог познакомиться древний человек, являются так называемые «самородные»,

к наиболее распространенным из которых относятся золото и медь. Серебряные самородки встречаются в природе значительно (в 20–30 раз) реже, чем золотые и медные, кроме того, они обладают менее привлекательным неярким блеском, вследствие чего серебро вряд ли может претендовать на роль «первого» металла человеческой цивилизации. Правда, по мнению некоторых исследователей, эту роль мог сыграть и металл неземного происхождения, а именно метеоритное железо, которое могло привлечь внимание наших предков не только внешним видом, но и характерными явлениями, сопровождающими падение метеорита. Независимо от того, какой из упомянутых металлов был первым, привлечшим внимание человека, несомненно, что на протяжении эпохи «тесаного камня» у наших предков было достаточно времени для овладения примитивными методами металлообработки, т. е., прежде всего, приемамиковки (пластической деформации) металлов в холодном состоянии.

Отметим, что не только благородные металлы могут в земных условиях присутствовать в самородной форме. Известно, что в виде металла в природе обнаруживается железо, а также цинк и алюминий. Самородное (теллурическое, от латинского слова «теллус» – земля) железо встречается в виде мелких листочков и чешуек, вкрапленных в горные породы, чаще всего в базальт. Оно может также образовывать небольшие сплошные кусочки неправильной формы. В XX в. самородное железо находили, например, на острове Диско вблизи побережья Гренландии, в Германии (у города Кассель), во Франции (в департаменте Овернь), в США (в штате Коннектикут). Теллурическое железо всегда содержит значительное количество никеля, а также примеси кобальта, меди и платины (от 0,1 до 0,5 % (масс.) каждого элемента), оно, как правило, очень бедно углеродом. Различают два вида теллурического железа: аварит (содержание никеля до 2,8 % (масс.)) и джозефинит (до 50 % (масс.) и более никеля). Самородное железо хорошо поддается ковке и, в принципе, могло бы использоваться древним человеком, если бы не его исключительная редкость.

Известны также находки самородного чугуна (сплава, содержащего от 3 до 5 % (масс.) углерода), например, на островах Русский (на Дальнем Востоке) и Борнео, а также в бухте Авария-Бэй (Новая Зеландия), где самородный чугун был представлен минералом когени-том – железоникелькобальтовым карбидом $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3\text{C}$. Теллурическое железо или чугун, по современным представлениям, могли образоваться при взаимодействии высокотемпературной расплавленной магмы с каменным углем или при подземных пожарах угольных пластов на поверхности их контакта с железной рудой.

Собственно металлургическое производство, т. е. процесс извлечения (экстракции) металлов из руд, берет свое начало в эпоху «неолитической революции»¹ (10–6 тыс. лет до н. э.), когда человечеством была освоена технология термической обработки изделий. Первыми такими изделиями были керамические, а первым термическим агрегатом – костер без принудительного дутья, обеспечивающий температурный уровень 600–700 °С. С этого момента начинается постепенный рост температурного потенциала цивилизации, т. е. температурного уровня термообработки изделий и извлечения металлов из руд (рис. 1.3). Нетрудно заметить ступенчатый характер роста кривой температуры: ее скачки объясняются освоением и внедрением в производство новых, более совершенных термических устройств, пологие участки монотонного, медленного увеличения потенциала связаны с постепенным усовершенствованием конструкции уже известных агрегатов.

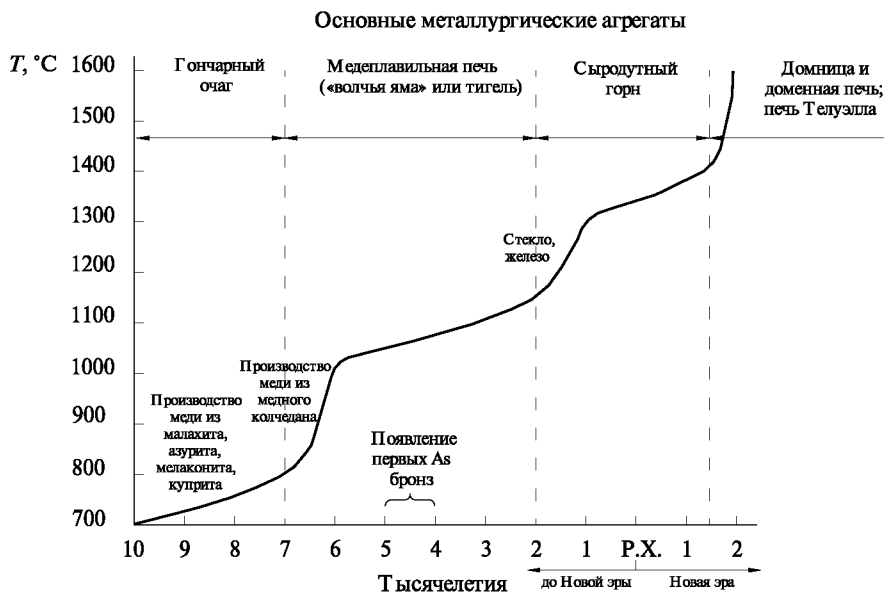


Рис. 1.3. Температурный уровень термообработки изделий и извлечения металлов из руд

Температуры, необходимые для экстракции некоторых металлов из руд и термомеханической обработки основных материалов и ме-

¹ Сущность неолитической революции определяется большинством ученых как переход от присваивающего хозяйства к производящему.

таллов древности, иллюстрируются диаграммой, представленной на рис. 1.4. Ее данные говорят о том, что для производства того или иного материала человечеством должен быть достигнут определенный прогресс в развитии конструкций термических устройств и технологии термообработки. В табл. 1.2 представлены основные термические устройства (печи) и уровень температур, который они обеспечивали.

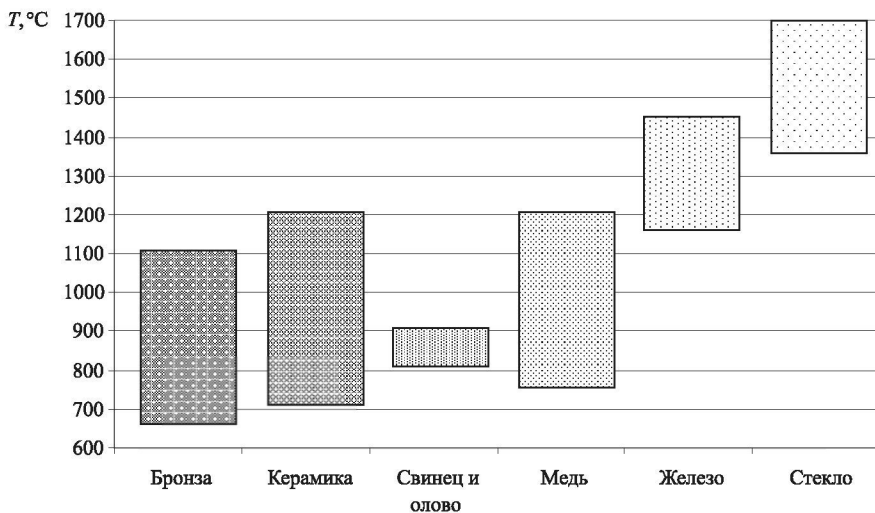


Рис. 1.4. Температурный уровень производства основных материалов древности

Таблица 1.2

Основные термические устройства (печи) и обеспечиваемый ими уровень температур

Тип агрегата	Температурный уровень, °C
Костер без принудительного дутья	600–700
Гончарный очаг (горн) – печь с принудительным дутьем, подаваемым с помощью трубок от легких человека или от мехов, предназначенная для обжига керамики и тигельной плавки металлов	700–950
«Волчья яма» – первый специально устраиваемый агрегат для экстракции металлов из руд	900–1200
Сыродутный горн	До 1350
Домница и печь Телуэлла для стекловарения	Свыше 1350

Однако достижение определенного температурного потенциала не является достаточным условием для производства нового материала (металла) и изделий из него. Необходимо также следующее:

- наличие знаний о минералах, содержащих извлекаемые металлы, или о минералах, совместное использование которых (в виде шихты, представляющей собой совокупность твердых сыпучих материалов, загружаемых в металлургический агрегат) позволяет получить металл (сплав) с необходимыми свойствами;
- конструкция агрегата должна обеспечивать не только необходимую температуру, но и условия для восстановления металла из его рудного минерала (как правило, оксида);
- наличие навыков и умений механической и термической обработки вновь получаемых металлов или материалов для придания им соответствующего товарного вида и потребительских свойств.

Исходя из вышесказанного, наиболее вероятным представляется постепенное «открытие» новых материалов и металлов для цивилизации первоначально в качестве побочных продуктов или отходов уже освоенных ранее производств. Так, например, первые капли – «корольки» – меди или железа могли быть получены в процессе обжига керамических изделий, для окрашивания которых применялись их легковосстановимые (легкоразлагаемые) минералы: медьсодержащие глины различных зеленых оттенков с вкраплениями минералов малахита, азурита, куприта или железосодержащие глины различных красно-коричневых оттенков, окраска которых обусловлена присутствием таких минералов, как гематит или лимонит. Железистые или медистые шлаки с вкраплениями «корольков» металла могли также получаться в процессе производства глазури или обработки комплексных руд при выплавке из них серебра или свинца. Таким образом, процесс постепенного освоения цивилизацией новых металлов и материалов можно наглядно представить схемой (рис. 1.5).

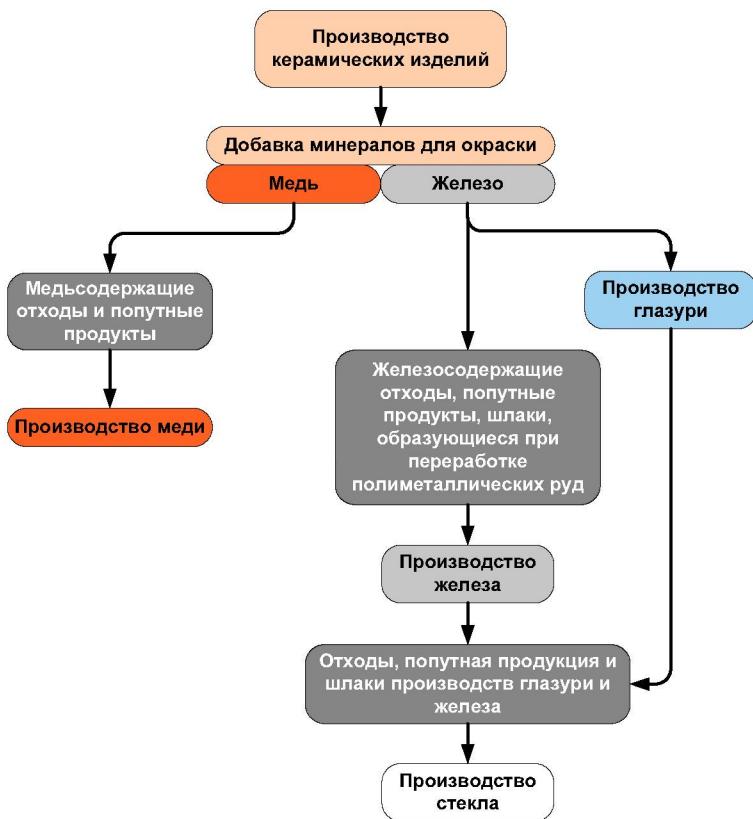


Рис. 1.5. Процесс постепенного освоения цивилизацией новых металлов и материалов

Ключевым моментом изложенной выше гипотезы является **многократная повторяемость** технологического процесса получения того или иного вида продукции и, соответственно, тех или иных отходов производства, которая не могла не обратить на себя внимание древнего мастера. В пользу этой гипотезы говорят также еще два обстоятельства: во-первых, практически все основные материалы цивилизации длительное время не получали широкого распространения при производстве орудий труда, являясь материалом для изготовления мелких (как правило, ювелирных) изделий; во-вторых, большинство разрабатываемых в древности месторождений являлись полиметаллическими и шлаки, находимые в районах этих месторождений (места добычи и обработки металлов в то время совпадали), соответ-

ствуют хронологической последовательности производства «медь → серебро и свинец → железо», а не наоборот.

Таким образом, близкое общение человека с металлами насчитывает не менее 12 тыс. лет, однако древнейшие археологические находки металлических предметов имеют существенно менее почтенный возраст. Древнейшие изделия из золота и меди найдены в Египте и Малой Азии и датируются 7-м тыс. до н. э. Они представляют собой бусинки, колечки и подвески. В Малой Азии обнаружены также шлаки от плавки медной руды.

Древнейшими изделиями из свинца считаются найденные в Малой Азии при раскопках Чатал-Хююка бусы и подвески и обнаруженные в Ярым-Тепе (Северная Месопотамия) печати и фигурки. Эти находки датируются 6-м тыс. до н. э. К тому же времени относятся и первые железные раритеты, представляющие собой небольшие крицы, найденные в Чатал-Хююке. Старейшие серебряные изделия обнаружены на территории Ирана и Анатолии. В Иране их нашли в местечке Тепе-Сиалк: это пуговицы, датируемые началом 5-м тыс. до н. э. В Анатолии, в Бейджесултане, найдено серебряное кольцо, датируемое концом того же тысячелетия.

Разница в несколько тысячелетий между предполагаемым знакомством человека с металлами и известными их раритетами, по мнению специалистов, объясняется чрезвычайной редкостью и высокой ценностью металлических изделий в те далекие времена, что не позволяло помещать их в захоронения даже самых уважаемых членов общества. Однако, с точки зрения проблемы использования ресурсов, вышеупомянутое обстоятельство можно оценить и по-другому. Понятно, что вопрос об отходах металлургического производства имеет такой же возраст, какой и сама металлургия. Рано или поздно металлические изделия теряли свои потребительские качества, даже в те времена, когда они использовались только в виде украшений. Но в отличие от предметов из камня и керамики, разрушение которых было необратимым, металлические изделия могли быть восстановлены. Таким образом, с освоением технологий экстракции и металлообработки человечество вступило в эпоху принципиально новых производственных отношений – глобального рециклинга ресурсов.

Для овладения технологией широкого кустарного (в современном понимании этого слова, а для эпохи Древнего мира – промышленного) производства бронзы человечеству понадобилось не менее двух тысяч лет, а для железа – от трех до пяти тысяч (в зависимости от того, какие археологические раритеты принимать во внимание). В

результате началом железного века большинством ученых считается время около 1200 г. до н. э.

Причина долгого освоения технологии изготовления из ковкого железа орудий труда с потребительскими свойствами, превышающими качественные характеристики бронзовых изделий, заключается в сложности процесса насыщения углеродом (так называемого осталивания или цементации) их поверхности. Процесс изготовления изделий из осталенного ковкого железа был длительным и трудоемким. Многочисленные исследования последних лет экспериментально доказали, что для получения науглероженного слоя толщиной 5 мм необходимо было выдерживать предмет в восстановительной среде (как правило, в закрытом сосуде, где изделие или железная полосовая заготовка обкладывались порошком из рогов и копыт животных) в течение не менее 9 ч при температуре более 900 °С.

Период с 1200 г. до 500 г. до н. э. получил название «галльштатского» или раннего железного века. Его название происходит от небольшого городка Hallshtatt в Австрии, вблизи которого в середине XX в. профессорами Феттерсом (Австрия) и Шаабером (Германия) были проведены обширные археологические раскопки. В ходе раскопок были обнаружены поселения, могильники, рудники, большое количество предметов вооружения и орудий труда, датируемых IX–VII вв. до н. э. По современным представлениям именно эти находки в наибольшей степени отражают структуру развития металлургического производства, характерную для раннего железного века. Галльштатский период, как правило, определяется как переходный от бронзового века к собственно железному, поскольку в это время общее количество изделий из бронзы существенно возрастает по сравнению с предыдущей эпохой, а железо лишь постепенно «осваивает» все новые виды орудий труда и только к концу галльштатского периода становится металлом цивилизации номер один.

Латенский период железного века берет свое название также от географического региона, а именно от названия залива Ла-Тен Невшатальского озера в Швейцарии. Данный период характеризуется вытеснением железом всех остальных известных в то время металлов из военной и производственной сфер. Таким образом, на долю золота, серебра, меди, бронзы и других металлов остается сфера изготовления предметов роскоши, искусства, ювелирного дела, монет и т. п. Временные рамки латенского периода обычно устанавливаются с V по I в. до н. э.

В период с I в. до н. э. по V в. н. э. в металлургии возникает разделение труда при производстве железных и стальных изделий, что наиболее характерно для Римской империи – крупнейшего рабовладельческого государства эпохи Древнего мира. При рассмотрении дальнейших периодов, связывающих наиболее важные события в истории цивилизации и металлургии, мы будем придерживаться общепринятой хронологической последовательности: средневековье (VI–XVI вв.), Новое и Новейшее время (с XVII в. до настоящего времени).

1.4. Древние металлы

В настоящее время наиболее распространенной является следующая версия знакомства человека с металлами. Сначала наши пращуры обратили внимание на самородные золото и медь. Затем они познакомились с метеоритным железом и самородным серебром. Следующим шагом на пути прогресса стало освоение добычи рудного (жильного) золота и выплавки меди из легковосстановимых руд. В дальнейшем были изобретены способы производства меди, свинца, серебра и ртути из сульфидных руд. После этого были освоены технологии получения бронзы и рудного железа. Наконец, еще одним металлом, открытым человечеством, стало олово. Перечисленные металлы получили особое название: «семь металлов Древности». Еще в эпоху Древнего мира они были сопоставлены с семью небесными объектами, которым древние люди приписывали особые магические свойства (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Семь металлов Древности

Металл	Цвет	
	по древнейшему вавилонскому гороскопу	по представлениям средневековых алхимиков
Золото	Желтый	Желтый
Серебро	Зеленый	Белый
Медь	Красный	Зеленый
Железо	Синий	Красный
Ртуть	Пурпурный	Пурпурный
Олово	Белый	Синий
Свинец	Черный	Черный

Необходимо иметь в виду, что в древности мастера-металлурги должны были быть специалистами во многих вопросах: добыча руд,

производство древесного угля, экстракция из руд металлов и собственно металлообработка. Рассмотрим вышеупомянутые металлы и технологии, применявшиеся древними металлургами, по мере их освоения цивилизациями.

1.4.1. Золото

Первыми золотоносными месторождениями, освоенными человеком, были россыпные. Золотые самородки находились в массе алювиальных песков и гравия, представлявших собой продукты разрушения горных золотоносных пород, которые в течение длительного времени подвергались действию речных потоков. Поэтому древнейшие украшения из золота представляли собой именно золотые самородки, обработанные в форме бисеринок холодной ковкой. Эти отшлифованные бусинки выглядели как цветные камни, нанизывавшиеся вместе в различных сочетаниях. Об этом свидетельствуют археологические находки наиболее ранних украшений из золота, сделанные в долине Нила и в Малой Азии, датируемые 7-м тыс. до н. э.

Древнейший способ обработки золотоносной породы был очень прост. Песок и гравий отмывали в проточной воде, уносившей легкие материалы, а тяжелые частицы и, тем более, самородки золота оставались на промывочном лотке – первом горно-металлургическом инструменте цивилизации. Функцию лотка первоначально выполняла грубая ткань, что нашло отражение в древнеегипетской иероглифике: известный египтолог Лепсеус установил, что первым иероглифом, обозначавшим у египтян золото, был символически изображенный кусок ткани, с которого стекала вода. В дальнейшем иероглиф, обозначавший золото, изменился и стал изображаться тремя кольцами. По одной из версий такую форму золотым слиткам придавали для удобства транспортировки и учета. Можно также допустить, что к этому времени соотношение в добыче золота изменилось в пользу рудных месторождений. При этом в технологии добычи появились более сложные и трудоемкие процессы – отделение руды от горной породы и ее измельчение.

Рудное золото стали добывать из жил, пронизывающих кварцевые породы – отсюда происходит еще одно его название «жильное золото». С древнейших времен известны месторождения жильного золота в Аравийской пустыне, в горной стране Этаби. Золото здесь находилось в кварцевых жилах, пронизывающих гранитные породы и кристаллические сланцы, ему сопутствовали минералы свинца, цинка и железа.

Способ добычи жильного золота практически не менялся в течение нескольких десятков столетий. Он был подробно описан греческим автором Агатархидом, посещавшим египетские золотые рудники во II в. до н. э. Оригинал рукописи Агатархида не дошел до наших дней, однако он почти полностью был процитирован в произведениях известного римского историка Диодора Сицилийского.

Для раздробления горной породы применялись огонь, вода и деревянные клинья. Около разрабатываемого участка породы разводили костер, породу накачивали, а затем быстро охлаждали, обильно поливая водой. В образовавшиеся трещины вбивали деревянные клинья, которые также поливались водой. Разбухая, они раскачивали горную породу. Обломки рудной породы снова нагревали в пламени костра, резко охлаждали и дробили молотами и кирками непосредственно в шахтах.

Раздробленную руду извлекали из шахт, глубина которых достигала 90 м, в плетеных корзинах или кожаных мешках. Затем ее толкли в больших каменных ступах до величины гороха, после чего мололи в ручных мельницах до мелкого порошка. Из такого материала золото можно было извлечь с помощью уже хорошо известной технологии отмывки, которую к этому времени стали осуществлять на специальных устройствах – промывочных столах. Вот как описывается этот процесс Диодором Сицилийским: «Сперва на широкой и слегка наклонной каменной доске раскладывается этот растертый в порошок камень, а затем поливается водой и размешивается. Затем его часть, содержащая землю, размытая посредством влаги, течет по наклонной доске вниз, а золото вследствие тяжести остается на доске. Рабочие повторяют эту операцию несколько раз, причем слегка растирают вещество руками до тех пор, пока на доске не остаются только крупинки золота». Отмытое золото сплавляли в небольшие слитки.

В середине XX в. на местах, где находились древние золотые рудники, археологами были обнаружены мельницы, дробилки и остатки каменных столов для обработки измельченной золотой породы. Наибольшую известность получили рудники в египетских районах Вади Аббаса и Икита, а также эфиопском – Бени-Шагул. О том, что Эфиопия очень богата золотом, писал еще Геродот, сообщавший, что два эфиопских племени на севере страны «доставляют в дар царю каждые три года два хеника (литра) самородного золота».

В 3-м тыс. до н. э. жильное золото добывалось на территории Европы и Азии практически из всех известных его месторождений.

Многие из них были выработаны уже к началу латенского периода железного века. Значительные запасы золота находились на Балканском полуострове и островах Эгейского моря.

Геродот особо отмечает месторождение на острове Сифнос: «Сифнос процветал и был самым богатым из всех островов. На нем были золотые и серебряные рудники, такие богатые, что на десятину доходов с них сифнийцы воздвигли в Дельфах одну из самых пышных сокровищниц. Ежегодно граждане острова делили доходы между собой».

О месторождениях золота во Фракии в античных источниках имеется множество свидетельств, подтверждающих их особое значение. Существует версия о том, что добыча золота на горе Пангее была начата еще финикийцами, и с этим связано легендарное богатство их царя Кадма.

Самым знаменитым из фракийских рудников был Скаптегила (Скаптесула), он продолжал разрабатываться в эпоху Римской империи, и был неоднократно упомянут в произведениях римского поэта Лукреция. В начале IV в. до н. э. фракийскими месторождениями завладела Македония. Как отмечал В. И. Вернадский: «Золотые рудники Пангеи явились основой ее (Македонии) могущества. Эти древние рудники были захвачены Филиппом II. Разработка их была проведена им очень энергично, дала сразу много золота и довольно быстро привела к их значительному истощению».

Кроме Балкан, крупные запасы золота в Европе находились на территории современных Испании, Франции, Венгрии, Румынии, Австрии, их разработка была начата древними иберами, кельтами, франками и даками. Главной золотоносной провинцией древней Европы была Иберия, которая стала затем называться карфагено-финикийским словом «Испания», перешедшим впоследствии и в латинский язык. Первым из золоторудных регионов Иберии стал разрабатываться юго-восточный (там находятся Андалусские горы). Здесь впервые в Европе, и практически одновременно с Древним Египтом, Месопотамией и Индией, появились украшения из холоднокованого самородного золота.

Вторым по времени освоения золоторудным регионом Иберии стал юг полуострова. В конце 2-го тыс. до н. э. здесь возникло основанное этрусками государство Тартесс. 700–500 гг. до н. э. – эпоха расцвета Тартесса и южных золотых промыслов провинции Сьерра-Морена. Но около 500 г. до н. э. столичный город Тартесс был завое-

ван карфагенянами и, видимо, разрушен, так как местонахождение его до сих пор не установлено.

Третий рудный район Иберии – северо-запад полуострова. Его расцвет пришелся на период Римской империи. Именно здесь римляне впервые создали свое самое грандиозное горнодобывающее предприятие – знаменитые римские арругии (техногенные золотые россыпи). Дело в том, что золото в этом районе находилось не в отдельных кварцевых жилах, а в толще нижнепалеозойских песчаников и сланцев. Огромные по площади и по мощности рудные участки, гористый рельеф, рыхлость пород – все это подсказало изобретение нового способа золотодобычи. Сначала обрушивали всю рудовмещающую породу. Для этого в ней делали параллельные штольни длиной до 450 м с постепенно вынимаемыми перемычками и подпорками. В результате происходило обрушение и раздробление породы. Затем эта горная масса размывалась водами из водохранилищ, специально устраиваемых на уровне 50–100 м выше горных разработок. Из созданных таким образом россыпей извлекалось золото. Именно по такой технологии и добывалась большая его часть для Римской империи.

В древнеегипетских и шумерских текстах часто можно найти упоминания о разновидностях употреблявшегося в древности золота. Усматривались различия в его происхождении: «речное», «горное», «скалистое», «золото в камне», а также по цвету. Цвет нерафинированного золота зависит от его природных примесей: меди, серебра, мышьяка, олова, железа и пр. Древние металлурги принимали все эти сплавы золота за разновидности самого золота. Археологами найдены древние золотые изделия, охватывающие большую гамму цветов: от тускло-желтого и серого до различных оттенков красного цвета.

Золото различных желтых оттенков по своему составу приближается к чистому золоту и содержит лишь небольшие примеси серебра или меди. В сером золоте высока доля серебра, которое на поверхности изделия со временем превращается в хлорид, разлагающийся на свету с выделением микрокристаллов серебра, придающих поверхности сероватую окраску. Розовые и пурпурные оттенки золота обусловлены присутствием в нем примесей меди. Золото красно-коричневых цветов содержит в значительных количествах и медь и железо.

Технология очистки (рафинирования) золота от примесей была изобретена шумерами в начале 3-го тыс. до н. э. Ее описание содержится в рукописях библиотеки ассирийского царя Ашшурбанипала, а

также приводится вышеупомянутым Агатархидом. Согласно этой технологии золото плавили вместе со свинцом, оловом, солью и ячменными отрубями в специальных горшках, изготовленных из глины, смешанной с костной золой. Образующийся шлак впитывался пористыми стенками горшка, а на его дне оставался очищенный сплав золота с серебром. Таким образом из золота удалялись все примеси, кроме серебра. В одной из рукописей библиотеки Ашшурбанипала содержится гимн богу огня Гибилю: «О, Гибиль, ты расплавляешь медь и свинец, ты очищаешь золото и серебро...».

Именно на золоте человеком впервые были освоены металлургические приемы холоднойковки и литья металлов. Отдельные этапы работы золотых дел мастеров изображены в стенных росписях некоторых гробниц фараонов IV–VI династий. Известность получило изображение процесса изготовления золотой отливки, найденное в гробнице фараона Мереруба (рис. 1.6), на котором можно видеть чиновника, отвешивающего необходимую порцию золота, и писца, записывающего его количество. Далее следует изображение шести человек, раздувающих горн специальными дутьевыми трубками. Затем мы видим мастера, разливающего расплавленный металл из тигля в форму, стоящую на земле, и его помощника, задерживающего шлак. На завершающей стадии операции двое кузнецов отбивают слиток камнями, придавая ему товарный вид.



Рис. 1.6. Процесс изготовления золотой отливки в Древнем Египте (VI династия Древнего царства, 2315–2190 гг. до н. э.)

На Ближнем Востоке и в Египте широко применялось листовое золото – фольга. Фольгой покрывали самые различные предметы:

как металлические, так и деревянные. Например, с помощью ковки или органического клея золотая фольга прикреплялась к изделиям из бронзы, меди и серебра. При этом золотое покрытие спасало медь и бронзу от коррозии. Золотой фольгой часто покрывали деревянную мебель, прикрепляя ее при помощи маленьких золотых заклепок. Более тонкие золотые листы приклеивались к дереву, предварительно покрытому слоем специальной штукатурки.

Золото стало первым металлом, из которого стали выковывать проволоку, который научились паять и полировать.

На новую ступень добыча и металлургия золота поднялись в эпоху Римской империи, когда в горно-металлургических технологиях стала широко применяться ртуть. Метод извлечения золота из руды с помощью ртути был изобретен на Ближнем Востоке и стал основным в Риме в начале Новой эры. Согласно описанию Плиния Старшего (I в. до н. э.) руду, содержащую золото, дробили и смешивали с ртутью, затем породу отделяли от ртути фильтрацией через кожаный (замшевый) фильтр, а золото получали из амальгамы путем выпаривания ртути. Технология золочения металлических изделий методом ртутного амальгамирования также получила распространение во времена римского владычества. В результате римляне сумели поднять организацию, технику и технологию разработки золотоносных районов на качественно новый уровень, что позволило достичь максимально возможных для того времени масштабов золотодобычи.

Следует отметить, что сами римляне не обнаружили ни одного нового месторождения золота, они лишь захватывали рудники, обустроенные другими народами, и обращали территории, на которых они находились, в свои провинции. Золото в Римской империи превратилось в основу экономики и финансовой системы государства. Торговля Рима с провинциями была внутренней, и золото в ней принимало незначительное участие. Золотом римляне торговали со странами Востока: Индией и Китаем. Драгоценным металлом оплачивались восточные украшения и пряности. Так, например, при императоре Августе фунт шелка из Китая стоил фунт золота.

Славянское слово «золото», английское и немецкое «gold» родственны санскритскому корню «гол» или «зол», что означает «яркий, блестящий». К этому же корню восходят корни «жел» и «зел» в словах «желтый» и «зеленый», а также древнегерманский «геолу» (современный английский «yellow» – желтый). В языках романской

группы слова, обозначающие золото, восходят к латинскому «аигит», которое, в свою очередь, происходит от этрусского корня, означающего «металл».

Итак, золото сыграло выдающуюся роль в создании и развитии горно-металлургического производства цивилизации. При добыче жильного золота были созданы технологии, применявшиеся затем при разработке месторождений других древних металлов: серебра, меди, свинца, олова, ртути и железа. Золото стало первым металлом, который научились обрабатывать холодной ковкой, из которого стали получать проволоку и отливать изделия. Золото впервые подвергли рафинированию, к нему впервые были применены технологии гидрометаллургии и металлотермической обработки. Это перечисление можно продолжить – по существу, все металлургические технологии, применявшиеся в эпоху Древнего мира к серебру, меди, свинцу, олову и ртути, были первоначально отработаны на золоте. В ряду древних металлов есть только одно исключение из правил – железо, технологии извлечения которого из руды и термомеханической обработки стали новой ступенью в развитии металлургии.

1.4.2. Электрум (электрон)

В странах Древнего мира, особенно в Египте и Вавилоне, широко применялись изделия из природного сплава золота с серебром, который египтяне называли «зам» (азем), греки – «электрон», а римляне – «электрум». Полагают, что греческое название происходит от янтаря, который Гомер и Гесиод также называли электроном. Египетское название золота – «нуб» дало имя Нубии – «страна золота», а название электрума «зам» – Замбези – «река золота».

Грань между золотом и электроном весьма условна. Когда в сплаве высока доля золота, электрон выглядит как обычное золото, если же в сплаве много серебра, он имеет серебристо-белый цвет. В древнеегипетских изделиях из электрона, хранящихся в Каирском музее, содержание серебра составляет от 20 до 40 % (масс.). Электрон тверже золота и гораздо лучше противостоит трению и износу, которым обычно подвергаются ювелирные изделия. Весьма вероятно, что электрон стал первым сплавом в истории цивилизации, который стали производить сознательно методом одновременного плавления двух металлов.

1.4.3. Метеоритное железо

Метеориты – это железные или каменные тела, падающие на Землю из межпланетного пространства. Они представляют собой остатки метеорных тел, не разрушившихся полностью при движении в атмосфере.

Характерными признаками метеоритов являются: угловатая форма со сглаженными выступами, кора плавления, покрывающая в виде тонкой оболочки метеорит, и своеобразные ямки, называемые регмаглиптами. В изломе каменных метеоритов обычно видны многочисленные мелкие включения никелистого железа белого цвета и минерала троилита бронзово-желтого цвета; нередко бывают видны тонкие темно-серые жилки. Железокаменные метеориты содержат значительно более крупные включения никелистого железа. После полировки поверхность железных метеоритов приобретает зеркальный металлический блеск. Иногда падают метеориты, имеющие более или менее правильную конусообразную, так называемую ориентированную форму или многогранную – напоминающую форму кристалла. Такие формы возникают в результате атмосферной обработки (дробления и абляции) метеорного тела во время движения в атмосфере.

Метеориты имеют размеры от долей миллиметра до нескольких метров и весят, соответственно, от долей грамма до десятков тонн. Самый крупный из уцелевших от раскола – железный метеорит Гоба, найденный в Юго-западной Африке в 1920 г., весит около 60 т. Известно около 35 метеоритов, масса каждого из которых превосходит тонну.

Иногда вследствие дробления метеорных тел одновременно падает группа метеоритов, в которой число отдельных метеоритов достигает десятков, сотен и даже тысяч. Такие групповые падения называются метеоритными дождями, причем каждый метеоритный дождь считается за один метеорит. В Приморском крае 12 февраля 1947 г. выпал Сихотэ-Алинский железный метеоритный дождь общей массой более 37 т.

Метеориты подразделяются на три главных класса: железные, железокаменные и каменные. Однако можно проследить непрерывный переход от одного класса к другому. В среднем из шестнадцати упавших метеоритов один железный. Каждый железный метеорит содержит по массе до 91 % железа, до 8,5 % никеля и другие элементы. Метеориты двух других классов содержат от 1 до 50 % железа.

Наиболее распространенными химическими элементами в метеоритах являются алюминий, железо, кальций, кислород, магний, кремний, никель, сера. Химический состав отдельных метеоритов может значительно отклоняться от среднего. Так, например, массовое содержание никеля в железных метеоритах колеблется от 5 до 30 % и даже более. Среднее содержание в метеоритах драгоценных металлов и редких элементов (в граммах на тонну вещества метеорита): рутений – 10, родий – 5, палладий – 10, серебро – 5, осмий – 3, иридий – 5, платина – 20, золото – 5. Установлено, что содержание некоторых химических элементов тесно связано с содержанием других элементов. Так, оказалось, что чем выше содержание никеля в метеорите, тем больше в нем галлия.

Минеральный состав метеоритов своеобразен: в метеоритах обнаружен ряд неизвестных или очень редко встречающихся на Земле минералов. Таковы: шрейберзит (рабдит) $((\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3\text{P})$, добреелит $(\text{FeCr}_2\text{S}_4)$, ольдгамит (CaS) , лавренсит (FeCl_2) , меррилит $(\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$ и другие, которые присутствуют в метеоритах в незначительных количествах. В метеоритах открыто несколько десятков новых, ранее неизвестных минералов, многие из которых названы по имени метеоритологов, например: фаррингтонит, юриид, найинджерит, криновит и др. Наличие этих минералов указывает на своеобразие условий образования метеоритов, отличающихся от условий, при которых образовывались земные горные породы. Наиболее распространенными в метеоритах минералами являются соединения никеля и железа (камасит (93,1 % (масс.) Fe; 6,7 % Ni; 0,2 % Co) и тэнит (75,3 % (масс.) Fe; 24,4 % Ni; 0,3 % Co)), оливин $((\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4)$, пироксены – безводные силикаты (энстатит MgSiO_3 , бронзит $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3$, гиперстен $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{SiO}_3$ с 12–25 % (масс.) FeO, диопсид $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$, авгит и плагиоклаз $m\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$).

Некоторые специфические метеоритные минералы, например, лавренсит, очень нестойки в условиях Земли и быстро вступают во взаимодействие с кислородом воздуха. В результате на метеоритах появляются обильные продукты окисления в виде ржавых пятен, что приводит к разрушению метеоритов. В некоторых редких типах метеоритов присутствует космическая кристаллическая вода, а в других, столь же редких метеоритах, встречаются мелкие зерна алмаза. Последние представляют собой результат ударного метаморфизма, которому подвергся метеорит.

Отполированные и протравленные раствором азотной или какой-либо другой кислоты поверхности большинства железных метеори-