

НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КУЛЬТУРЫ



Ю. С. ЛОПАТТО

ЖЕЛЕЗО

3

1962

НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КУЛЬТУРЫ

Ю. С. ЛОПАТТО

ЖЕЛЕЗО

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЗНАНИЕ“
Всесоюзного общества по распространению
политических и научных знаний

Москва

1962

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТСЯ В ЭТОЙ КНИЖКЕ

Что мы знаем о железе	3
Железо и ядерная физика	7
Получение металлического железа. Сплавы на основе железа и их свойства	9
Что такое стали	15
Другие методы получения железа и стали	19
Химия железа	23
Ржавление железа	25
Соединения железа	28
Магнитные свойства железа	34
Железо — конструкционный материал	36
Приложение «Интересно, полезно знать»	41
Советуем прочитать	46
Краткий словарь к тексту брошюры	47

ЧТО МЫ ЗНАЕМ О ЖЕЛЕЗЕ

Железо давно вошло в жизнь человека. Люди веками накапливали знания, которые позволили создать металлургию — одну из основных отраслей человеческой деятельности. Уже давно разрабатывается учение о железе, как химическом элементе. Это важный раздел химии, на базе которого выросло современное металловедение. Достижения этой науки позволили создать новые материалы на основе железа, широко применяющиеся в технике, научных исследованиях, в быту.

Мы часто не отдаем себе отчета в сущности значения многих привычных представлений. Попробуем сосредоточиться на мысли, что мы знаем о железе. Оказывается, оно окружает нас со всех сторон. Стены новых больших домов пронизаны стальными прутьями, составляющими каркас их железобетонного тела. Перекрытия имеют железобетонные и стальные балки. Вспомним шахту лифта, перила, крыши, магистрали водопровода, канализации, газа, телевизоры, детские коляски, авторучки, иголки. А громады гидростанций, заводов, домен, линии передач высокого напряжения? Перед мысленным взором возникают образы стремительно летящих реактивных лайнеров, нависающих над полями льда темных обводов ледокола «В. И. Ленин», в ушах нарастает мелодия космоса — невыразимый свист прорезающих атмосферу наших звездных кораблей... Привередливый знаток скажет, что мы вторглись в царство алюминия, титана, циркониевых покрытий... Да, это их царство, но и по сей день скелет многих из этих конструкций сделан из железа. Оно и дальше обещает оказывать другим металлам свою дружескую поддержку. А слово «железный» стало синонимом прочности.

Железо и внутри нас. Организм каждого взрослого человека содержит около 3 г железа, две трети которого входит в состав гемоглобина — дыхательного пигмента крови. Это со-

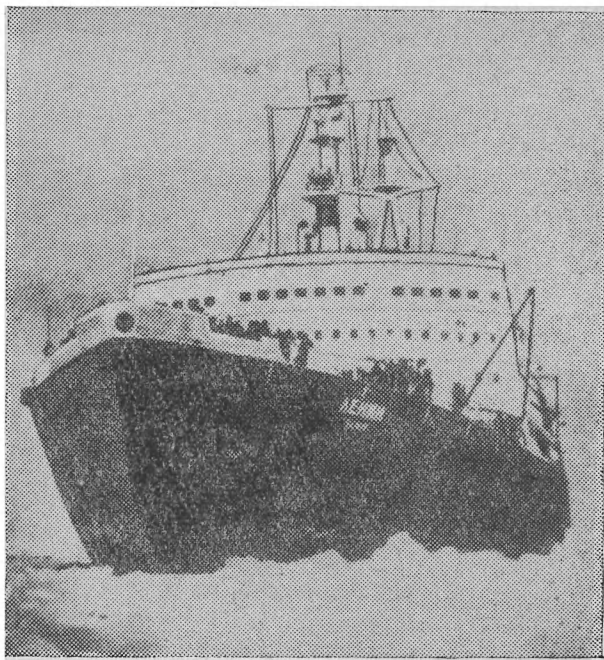


Рис. 1. Без железа не был бы создан мощный красавец-атомоход «В. И. Ленин».

единение выполняет роль переносчика кислорода из воздуха в легких к тканям нашего тела. Значит, железу мы обязаны тем, что дышим.

Самородное железо попадает на землю из космоса (рис. 2, 3). Правда, оно содержит кобальт, никель, хром и некоторые другие элементы, но это металлическое железо, готовое к употреблению. Именно таким оно могло попасть в руки нашего далекого предка.

Пластичные свойства некоторых самородных металлов — золота и платины — были известны людям давно. Но систематически использовать это свойство начали только в бронзовый век, когда вошли в употребление сплавы на основе меди. Возникло ремесло обработки металлов, среди которых было и железо, в то время редкое.

Железо значительно тверже меди, золота и платины. Изготовить орудия из кусков метеоритного железа трудно. Можно полагать, что железо из обломков метеоритов использовалось для добывания огня, так как при ударе железного предмета об острый край твердого камня возникают искры — вспыхивающие на воздухе кусочки железа. Эти искры способны поджечь сухой пористый материал — мох, дробленый камыш, вату...

Железные предметы могут сохраниться только в очень сухом климате. Иначе они ржавеют. При раскопках древних египетских сооружений, которые строились без связующего раствора между камнями кладки (их просто плотно пригоняли друг к другу обтесыванием и шлифовкой), обнаружено несколько железных предметов. Символическая змейка и грубое лезвие ножа выполнены из железа, состав примесей которого близок к составу метеоритного железа.

В кладке пирамиды Хуфу, построенной за 2900 лет до нашей эры, очень хорошо сохранилось стальное долото. Состав его значительно отличается от состава метеоритного железа (90% Fe, 9% Ni и 0,6% Co). В то же время выплавка железа в Египте, судя по барельефам и возрасту обнаруженных шлаков, началась лишь за 1700—1500 лет до нашей эры. Происхождение долота не выяснено. Египтяне называли железо «вааепере», что означает «небесного происхождения».

В древности железо ценили очень высоко. Один из египетских фараонов в письме к королю хеттов просит прислать железо в обмен на золото, которого у него так же много, «как песка в пустыне». Гомер в «Одиссее» говорит о железе, как о дорогом многотрудном металле, и сообщает рецепт закалки стали: «Расторопный ковач, изготовив топор иль секиру, в воду металл (на огне раскалив, чтоб двойную крепость имел) погружает...».

Плиний Старший (I век нашей эры) в «Естественной истории» пишет, что с помощью железа строят дома, раскалывают камни и совершают многие другие дела жизни. Но им творят войны, грабежи и убийства. И самое преступное в применении железа то, что ему дают оперенные крылья, чтобы оно летело дальше и несло смерть людям (имеются в виду стрелы и копья).

Во многих музеях мира хранятся разрушившиеся от времени украшения, в которых золото и платина сочетаются с кусочками ржавчины, бывшей когда-то железом.

Секреты мастерства работы с железом были известны многим египетским мастерам ювелирного дела. Так, в гробнице Тутанхамона, чудом уцелевшей от рук грабителей до наших дней, ученые обнаружили большое количество украшений из золота необычайного вишневого оттенка. Детальное изучение показало, что этот цвет свойствен только поверхности украшения, а внутри золото обычного желтого цвета.

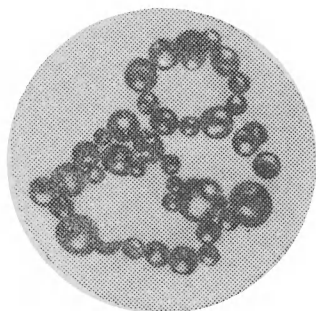


Рис. 2. «Небесная пыль» под микроскопом.

К моменту исследования в Египте был проездом американский ученый Роберт Вуд. Ему предложили попытаться раскрыть тайну вишневого золота. Захватив с собой гвоздь из древнего посоха, Вуд вернулся в Америку. Вскоре он сообщил, что во всем виновато железо: при определенном режиме остывания золотых ювелирных отливок с примесью железа их поверхность покрывается пленкой, прочно связанной с металлом. Этот прием удалось повторить, и он получил название золота Вуда.

При значительных добавках железа к золоту изделия становятся хрупкими, но приобретают красивый нежно-зеленый или синий цвет. Такими изделиями славится Китай.

Но вернемся к железу. Кроме метеоритного, существует самородное железо. Его состав близок к метеоритному. Оно встречается в природе жилами и вкраплениями. Его обнаружили в базальтах Гренландии и изверженных породах Оверни во Франции, нашли его и в Северной и Центральной Америке.



Рис. 3. Метеориты — «гости из космоса».

Самородное железо попадает в природе редко, но вообще железа на Земле очень много. Встречаются громадные залежи минералов, содержащих железо. В основном это окислы железа — бурый железняк, красный железняк, железный блеск (рубиновая слюдка), гематит, кровавик. Это все руды, названные по цвету. Есть и другие руды, названные уже по свойству, — магнитный железняк, хромистый железняк, пирит (железный колчедан), железный купорос.

Залежи руд первой группы у нас находятся в Кривом Роге, на Урале, в Сибири. Крупные месторождения магнитного железняка расположены под Курском и на Урале.

Общие запасы железа на Земле оценить трудно. Количество железа в земной коре оценивают в 5,1% от ее веса. Распространеннее его только алюминий — его в земной коре 8,8%.

В нашей стране запасы железных руд буквально неисчерпаемы.

Количество железа, обнаруженное в каменных метеоритах, колеблется от 10 до 1%. Метеориты часто находят на земле гораздо позднее времени их падения. В основном это железо-никелевые метеориты.

Теперь астрономы постоянно наблюдают небо и регулярно ищут остатки падающих метеоритов. Среди них находят больше каменных—92%. Каменные метеориты по составу тождественны вулканическим породам земной коры, а железо-никелевые могут дать представление о составе более глубоких слоев нашей планеты. В наши дни существует несколько теорий происхождения солнечной системы и планет. Мы не будем их разбирать, но можно с уверенностью сказать, что ни одна из этих теорий не сможет отрицать существования значительных количеств металлического железа в космосе. Чтобы понять, почему именно железу, а не другим металлам, выпала такая честь, нужно обратиться к некоторым понятиям ядерной физики.

Вспомним, что атом вещества — сложная **Железо и ядерная физика** система, которую можно грубо разделить на две части: электронная оболочка атома, внешняя часть которой определяет химические свойства элемента, и ядро атома, свойства которого определяют всю природу элемента, вес атома, общее количество электронов, все его физические свойства.

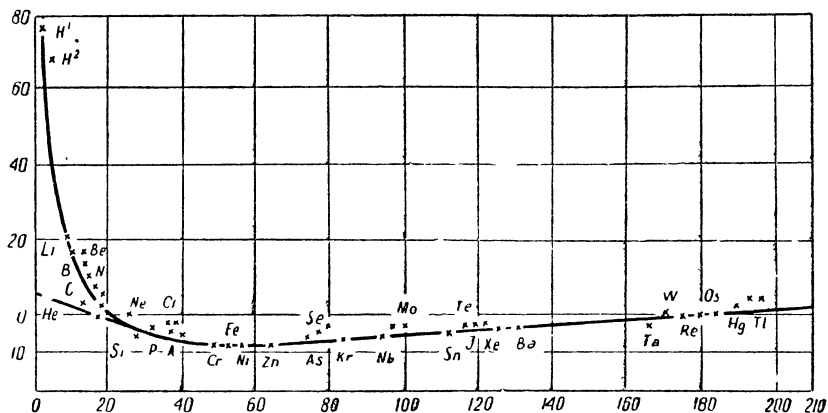
Об электронной оболочке и химии железа у нас речь пойдет позже. Посмотрим, что известно о ядре атома железа.

Существует восемь изотопов железа, т. е. атомов, отличающихся по весу ядра и не отличающихся по его заряду. В ядре атома железа, имеющего в периодической системе элементов Д. И. Менделеева порядковый номер 26, содержится 26 протонов. Наиболее распространен изотоп железа с атомным весом 56— Fe_{56}^{26} (в обычном железе его содержится 91,64%).

Современная ядерная физика объясняет многие свойства ядер атомов элементов. Существует характеристика ядер, которая помогает оценить их прочность. Эту характеристику называют упаковочным коэффициентом. Ядра атомов состоят из протонов и нейтронов. За величину единицы массы атома принято считать $1/16$ массы атома изотопа кислорода-16.

Масса протона в этой шкале равна $p_1^1 = 1,00812$, а нейтрона $n_1^0 = 1,00893$. В ядре атома кислорода 8 протонов и 8 нейтронов. Какова же масса ядра кислорода? $8 \times 1,00812 + 8 \times 1,00893 = 16,13640$. А масса по условию только 16. Куда же исчезли 0,13640 единицы массы? Ответ дал физик Альберт Эйнштейн: эта потеря массы эквивалентна энергии, затраченной на создание ядра атома. Математически это выглядит так: $E = m \cdot c^2$, где E — энергия связи, m — масса, c — скорость света.

Величина массы, эквивалентная энергии связи частиц в ядре атома, получила название убыли, или дефекта. Дефект массы зависит от многих причин, точно вычислить его трудно. Более точное определение прочности ядра по энергии его связи можно получить, если отнести всю величину дефекта массы к единице массы данного ядра — своего рода удельное количество энергии связи. Эта величина и называется коэффициентом упаковки. Обозначают дефект массы греческой буквой дельта: $\Delta = A - M$ (величину берут со знаком минус). A — атомный вес изотопа, M — его массовое число, т. е. число, изображающее суммарный вес протонов и нейтронов, из которых построено ядро.



Уже давно проделаны расчеты величин упаковочных коэффициентов в зависимости от порядкового номера элемента в таблице Д. И. Менделеева. Изменение этой величины вдоль ряда элементов, поставленных по возрастанию атомных весов, представлено на рисунке 4.

Заглянем в таблицу Д. И. Менделеева: что же за элементы лежат в интервале от Cr до Zn. Это Cr; Mn; Fe; Co; Ni; Cu; Zn.

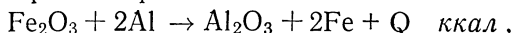
Теперь становится понятным, почему железа так много в природе. Оно рождено в глубинах звезд — источниках обра-

зования элементов; в дальнейшем железо сопротивляется достройке своего ядра, которое может превращаться в ядра $\text{Co} \rightarrow \text{Ni} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Zn} \dots$. В глубинах звезд при температурах во много десятков миллионов градусов такой процесс может идти. Многие звезды подвержены периодическим взрывам, во время которых они выбрасывают в космос громадные количества своего вещества. Распыленная звездная материя состоит главным образом из водорода и гелия, но среди других элементов значительный процент падает на долю железа. Из этих изверженных звездами масс вещества со временем образуются планеты, подобные нашей Земле. Вот почему мы живем на планете, богатой железом, и многие планеты, видимые с Земли, подобны ей.

Итак, на Земле много железа, но добрать-
Получение метал- ся до основной его массы пока нет возможно-
лического железа. сти. Многие ученые предполагают, что в глу-
Сплавы на основе бинной части планеты сосредоточено метал-
железа и их лическое железо. Оно окружено слоем рас-
свойства плавленной пластической магмы — его назы-
 вают Оливиновым поясом. В глубине он со-
 стоит из металлов группы железа (Co ; Ni ; Cr ; Mo ; V ; $\text{W} \dots$),
 выше — из текучих масс их солей, окислов, очень разнообраз-
 ных и сложных по составу. На этом полужидком слое поко-
 ится кора Земли, состоящая в основном из остывших окислов
 более легких элементов: кремния, алюминия, солей кремне-
 вой кислоты, воды и др.

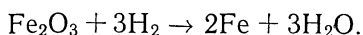
Вот тут уже можно говорить о добыче железа. Руды же-
 леza — в основном это окислы — могут перерабатываться
 различно. Одно из ценных свойств железа — его дешевизна.
 Можно получать железо из его окиси хорошо известным спо-
 собом — через термит. Для этого измельченная окись же-
 леza смешивается с алюминиевыми опилками и поджигается элек-
 трической дугой или иным методом (скажем, лентой магния).
 Реакция идет очень бурно, вверх вырывается сноп искр, как
 у маленького вулканчика; постепенно «извержение» затихает,
 тигель, в котором шел процесс, остывает. Под слоем серых
 окислов алюминия на дне тигля лежит ноздреватый кусок же-
 леza.

Реакцию горения термита можно записать так:



Q ккал — выделяющееся при реакции тепло. Такой способ
 получения железа быстр, но дорог и используется лишь при
 сваривании крупных железных предметов (например, трам-
 вайных рельсов).

Окисел железа можно восстановить до металла, нагрев его
 в атмосфере водорода:



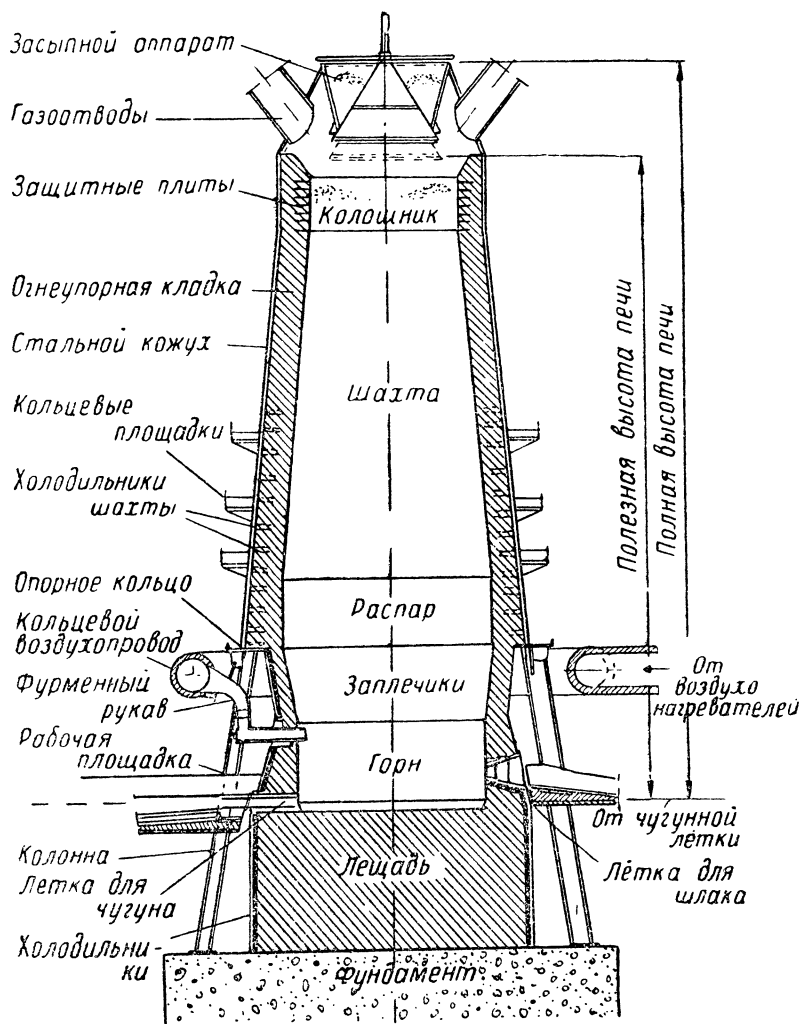


Рис. 5. Домна (схема).

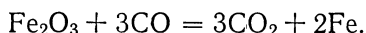
Этот процесс тоже дорог, но так иногда поступают, если нужно получить чистое железо.

Самый распространенный способ — восстановление железа из руд углеродом. В каменном или древесном угле углерода очень много, поэтому при восстановлении железа их и применяют. Но чаще всего процесс ведут с коксом. Как организован процесс выплавки железа из руды, какое оборудование применяется, какие химические реакции обуславливают рождение металлического железа, поможет понять рисунок домны (рис. 5).

Домна — одно из самых крупных современных сооружений. Это завод, рождающий металл. Давайте устроим по ней экскурсию.

Перед нами громадный цилиндр из железа, выложенный внутри концентрическими слоями кирпичей особого вида — футеровкой. Это и есть домна. Опирается она на основание. По высоте ее можно разделить на три части: верхнюю — колошник, среднюю — шахта и заплечики и нижнюю — горн. В колошнике смонтировано клапанное устройство из расположенных один над другим конусов. Они плотно закрывают объем домны изнутри. Специальные вагонетки — колоши (откуда и название колошник) подвозят к верхней части домны смесь железной руды и горючего (кокс, каменный уголь) с добавлением флюсов. Система конических клапанов пропускает эту смесь — шихту (от немецкого слова *Schicht* — слой) внутрь домны.

В колошнике шихта прогревается газами, а в шахте идет процесс выплавки металла. Кокс или уголь сгорают, образуется углекислый газ $C + O_2 = CO_2 + Q$ ккал. Выделяется большое количество тепла; поскольку горючего внутри домны много, то чуть выше зоны горения идет реакция $CO_2 + C = 2CO$. Это угарный газ — он-то и рождает металл, отнимая кислород у его окислов:



CO_2 вновь реагирует с углеродом — образуется CO и вновь рождается железо, которое в виде мелких капель стекает вниз. Так в горне постепенно накапливается жидкий металл, прикрытый сверху слоем расплавленного шлака.

В горн через отверстия — фурмы в зону реакции вдвигается заранее подогретый воздух. В его составе только 22% кислорода — газа, нужного для процесса, а 78% азота — балласта, который бесполезно греется и отнимает тепло. Чтобы не терять это тепло, в технике поступают так.

В колошниковой части домны есть газывыводящие системы. Через них уходит «доменный дым» — колошниковый газ. Температура его велика — 400—450°. Часть угарного газа не успевает отнять кислород у окиси железа и улетает из домны. Чтобы этот горючий газ еще поработал для процесса, его дожигают в специальных сооружениях — воздухонагревателях. Представьте себе длинный дымоход, сделанный из кирпича, но не в виде высокой трубы, а как дом-лабиринт. Туда подают колошниковые газы и воздух. Угарный газ сгорает и отдает свое тепло стенкам воздухонагревателя. За определенное время воздухонагреватель прогревается до 900°. Вот тут все меняется. Колошниковые газы переключают на прогрев другого воздухонагревателя, а через первый в обратном направлении гонят воздух и подают его внутрь домны; воздух

успевают нагреться. Воздухонагреватели переключаются периодически, и в домну все время поступает раскаленный воздух.

Другой способ, широко распространившийся за последнее время, — кислородное дутье. В домну подается воздух, содержащий не 22% кислорода, а 30—40%. Это значительно ускоряет выплавку железа.

Итак, расплавленное железо температурой 1200° заполнило горн домны. Надо выпустить его наружу. Для этого служит летка — сквозное отверстие

в нижней части горна, ведущее в желоб. Отверстие плотно запломбировано особой глиной. Когда металл нужно выпустить, к желобу подводят специальный ковш, глиняную пробку разбивают, и железный ручей, вспыхивая мириадами искр, устремляется наружу. Расплавленный шлак сливают, подобно металлу, но чаще через другую летку.

Леточное отверстие из специальной пневматической пушки вновь пломбируют рядами вязкой глины. Она запекается в летке и прочно замуровывает отверстие. Теперь надо снова ждать, когда в домне накопится металл.

В жидком металле 96% — железо. А что же остальное? Если кусок остывшего металла положить в стакан с

кислотой и растворить в ней, то на дне стакана останется серая пыль. Исследование показывает, что это углерод. Он хорошо растворяется в расплавленном железе, превращая его в чугун. Металлическое железо — мягкий, ковкий, тягучий металл серебристого цвета, а чугун — серый или черный, твердый и хрупкий, с зернистым изломом. И это из-за 4% углерода, да еще примеси серы и фосфора — они тоже придают чугуну хрупкость.

Но у чугуна есть свое хорошее свойство: он хорошо заполняет формы, как бы сложны они ни были, и из него можно отливать самые разнообразные предметы. Вспомните ажурные ограды парков и дворцов, великолепные чугунные скульптуры. Искусство литья из чугуна издавна процветало на на-



Рис. 6. Фигура воина триумфальной группы (чугун). Скульптор Витали, 1827.

шей Родине. Знаменитое каслинское литье не превзойдено нигде. Тонкие и изящные чугунные кружева каминных решеток, статуэтки, смешные фигурки чертей — чего только ни делали и ни делают каслинские умельцы!

Мягкий черный чугун легко обрабатывается. Серый очень тверд и хрупок — его обломки могут легко царапать стекло и снимать стружку с твердых металлов. Автомобилисты хорошо знакомы со свойствами поршневых колец, сделанных из серого чугуна. Твердость их так велика, что кромкой кольца можно строгать стальной прут. Техническое применение чугунов разнообразно: это станины станков, корпуса двигателей, колосниковые решетки топок паровых котлов на теплостанциях и многое другое.

Из чугуна удобно отливать крупные предметы, мало нуждающиеся в последующей обработке. Но больше всего чугун переделывается на железо и сталь.

Мы уже не раз говорили — чугун, сталь, железо. В чем же между ними разница? Чугуны — это сплавы железа с углеродом, количество которого может меняться от 1,7 до 4%. Если же углерода от 0,2 до 1,7%, то получаются стали. Они прочны, тверды и упруги. В обычном ковком железе углерода менее 0,2%.

Как же чугун превращают в сталь и железо? Как удалить лишний углерод? Оказалось, что проще всего его сжечь. Жидкий чугун из домы специальным ковшом переносится к конвертору. Идея его проста: грушеобразный сосуд с узким горлом и отверстиями в дне способен принимать горизонтальное положение. Изнутри сосуд выложен слоем огнеупорного кирпича. Чугун вливают в конвертор, когда он лежит на боку. Через отверстие дна внутрь конвертора начинают вдуть воздух и поворачивают конвертор в вертикальное положение. Воздух «пробулькивает» через

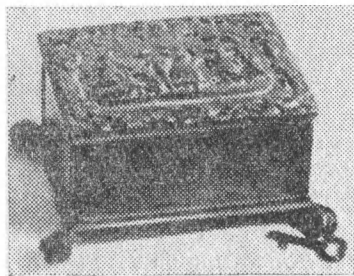
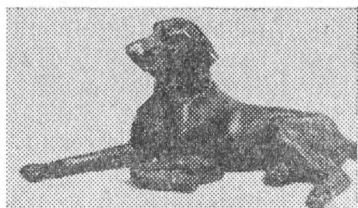


Рис. 7, 8, 9. Чугунное литье Каслинского завода.

жидкий металл, и он начинает гореть. Этот процесс напоминает извержение вулкана: его сопровождают мощный рев и столб ослепительных искр.

Железо горит, но скорее выгорает примесь — углерод. Опытные металлурги по тону рева конвертора и по цвету снопа искр над ним точно узнают о конце выгорания углерода. Вместе с углеродом выгорают очень вредные для железа примеси — сера и фосфор. Образующиеся окислы серы и фосфора реагируют с огнеупорным материалом обкладки конвертора. Образуется шлакообразный расплав солей кальция и магния, известный под названием томашлак — великолепное удобрение для сельского хозяйства. Конверторный процесс заканчивается через 10—15 минут, и эта быстрота — одно из преимуществ такого метода.

С конверторным методом конкурирует мартеновский. Этот способ очистки железа от примесей протекает иначе. Чугун из домы разливается в формы и застывает в виде болванок. По мере надобности слитки чугуна загружают в специальную печь, по форме напоминающую духовку. В нее вдувается горючий газ или нефть с избытком воздуха. Образуется клуб огня температурой выше 1400°. Постепенно слитки металла плавятся, и пламя начинает стелиться по поверхности металлического озера. Именно тут, на поверхности, и выгорают примеси. Периодически громадная металлическая лопата подает в печь ржавый железный лом или просто железную руду. Из кислорода окислов железа (лома или руды) и углерода чугуна образуется углекислый газ, который улетает с дымом. Железо теряет углерод и иные примеси, но само не сгорает и даже превращается в металл уже потерянный для использования ржавый лом.

Загрузку лома механической лопатой в мартен очень часто показывают в кинофильмах. Мартеновский процесс тянется долго (6—12 часов), но он очень удобен, так как состав металла легко регулируется. Этим способом «варят» (и действительно, внешнее сходство с варкой пищи велико) стали разного состава. Можно задавать сталям различные свойства, добавляя «присадки». Кремний увеличивает эластичность стали, марганец придает ей вязкость, молибден и вольфрам — твердость. Сталь с содержанием 18% вольфрама, 4% хрома и 1% ванадия называют быстрорежущей. Она сохраняет твердость до 600° — температуры красного каления.

Можно изготавливать очень чистое железо и стали сложного состава. Для этого куски сплавов железа — чугуна, ферросилиция (сплав с кремнием), феррохрома, ферромарганца — загружают в электродуговую печь. В нее через специальные отверстия в крыше вводятся внутрь и касаются груды сырья несколько графитовых электродов. Образуется электрическая дуга. В такой печи нет химического вмешательства атмосфе-

ры. Она герметическая. Состав металла можно регулировать очень точно, плавка идет быстро, но производство, конечно, обходится дороже других.

Что такое стали

Естественно возникает вопрос: почему незначительное по количеству содержание углерода в железе так резко меняет его свойства, придавая ему упругость и прочность? Все дело в том, что углерод не просто растворяется в расплавленном железе, как сахар в воде, а вступает в реакцию с ним, образуя карбид железа Fe_3C (его называют цементитом). Кристаллики этого соединения и придают основному слитку железа новые свойства. Само железо при остывании кристаллизуется, и в зависимости от того, с какой скоростью идет этот процесс, меняется взаимное расположение кристаллов цементита и самого железа. Это и определяет свойства закаленной и отпущенной стали.

Многие детали механизмов (коленчатые валы, шестерни, оси) должны иметь очень твердую поверхность, противостоящую истиранию, и гибкую, вязкую сердцевину, избавляющую их от хрупкости. Как сочетать столь различные свойства? Оказывается, это можно сделать поверхностным науглероживанием детали. Готовую деталь помещают в печь, предварительно засыпав слоем тонко растертого чистого древесного угля, и нагревают 10—12 часов при температуре 900° . За это время углерод успевает проникнуть внутрь детали на небольшую глубину и образовать цементит. Процесс этот называют диффузией. Так поверхность приобретает повышенную прочность. Если же в печь с нагретой стальной деталью вместо угля дают под давлением газообразный азот, то в поверхности детали образуется нитрид железа — Fe_4N , и она азотируется. И цементирование, и азотирование хорошо упрочняют внешний слой изделия.

Железо приобретает особую химическую стойкость, если к нему добавлен кремний. Этот хрупкий сплав под названием ферросилиций (химическое название кремния — силиций) очень широко применяется в химической промышленности там, где имеют дело с кислотами.

Свойства готовых стальных изделий можно менять. Сталь при медленном остывании в слитке или в изделии успевает, как говорят химики, организовать свою внутреннюю структуру. Но если стальное изделие разогреть и быстро охладить, скажем, погрузив его в воду или минеральное масло, то внутри этого изделия как бы «замораживается» структура, свойственная более высокой температуре. При этом прочность и отчасти хрупкость стального изделия увеличивается. Опытные мастера по цвету свечения изделия в момент закалки и по тону поверхности предмета после закалки уверенно гово-

рят о качестве закалки. Окраска предмета входит в гамму оттенков цветов, названных «цветами побежалости». Об этом цвете мы расскажем несколько позже.

Закаливанием стальных изделий добиваются у них самых разнообразных свойств.

Стали известны людям очень давно. Мы уже говорили о стальном долоте из пирамиды Хуфу. В Германии, в толще угольного пласта, который образовался задолго до появления человека, был найден стальной брусок и несколько стальных предметов, напоминающих гвозди. Некоторые пытаются объяснить их появление тем, что Землю якобы посетил в те времена космический гость. Предположения могут быть разные. Для нас важно другое — они уцелели до наших дней и не распались в ржавую пыль за миллионы лет. А почему?

Некоторые добавки к сталям или способы обработки поверхности изделий превращают сталь в благороднейший металл, способный противостоять всем химическим воздействиям не хуже золота или платины. В Индии, в городе Дели, сохранился до наших дней громадный железный столб (рис. 10). Его возраст оценивают в 1500 лет. Удивительно, что его сумели создать в те далекие времена, но еще удивительней, что он сохранился по сию пору в условиях влажного климата Индии, где существуют сезоны дождей и высокая среднегодовая температура. Обычное железо с обилием примесей в такой атмосфере бурно ржавеет и тает буквально на глазах.

Сохранились древние барельефы на камне, рассказывающие о способах выплавки стали. Больше всего их обнаружено в Египте. Сначала из стали готовили орудия труда и охоты: серпы, ножи, наконечники стрел и копий. Одновременно она стала основным военным материалом, с ее помощью нападали и защищались. Необыкновенные свойства стали сыграли еще одну важную роль в истории человечества: магнитные стальные стрелки компасов способствовали многим географическим открытиям.

Однако металлургия сталей была уделом немногих мастеров, и секреты ее изготовления передавались по наследству. К сожалению, многие «секреты» сталей утеряны и не восстановлены поныне, несмотря на старания многочисленных ученых. Сохранились довольно подробные описания мастерства изготовления металла, сохранились и предметы — музейные редкости, но повторить в наше время эти стали пока не удалось.

Каковы же свойства стальных драгоценностей? Кривые арабские клинки, стилеты из Милета и сабли Златоуста необыкновенно тверды и одновременно гибки.

Слово «булат» издавна стало нарицательным для холодного оружия. Вспомните арию Кончака из оперы «Князь Игорь»: «Возьми булат заветный, меч дедов...» Булат — это

особый вид оружейной стали. Под разными названиями она известна давно. Еще Аристотель упоминал о ней. В древней Индии эту сталь называли вуц, в Персии — табан, в Сирии — дамасск или дамасская сталь, а у нас — булат. В некоторых музеях еще сохранились образцы древнего оружия из булат-

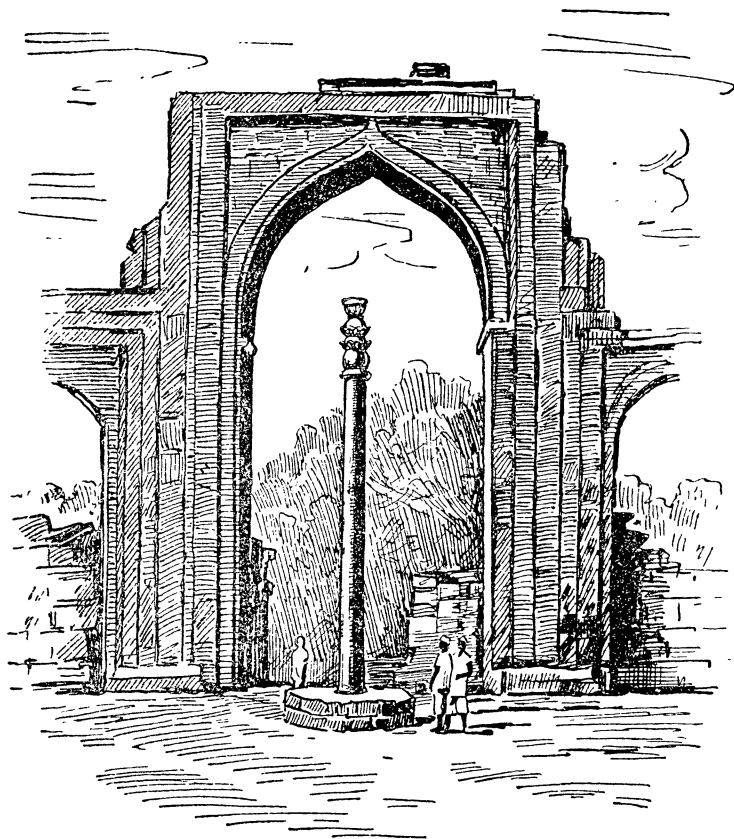


Рис. 10. Возраст этого железного столба в Дели — полторы тысячи лет.

ной стали. У них совершенно особенный внешний вид. Лезвия как бы муаровые: голубые жилки на более темном фоне. Этот рисунок сохраняется и внутри изделия. Лезвие клинка необыкновенно острое. Подброшенный в воздух шелковый платок, падая на него, разрезается под действием собственного веса.

Секрет изготовления древней булатной стали долгое время считался безнадежно потерянным. Лишь во второй половине прошлого века отец русской черной металлургии Д. К. Чер-

нов сумел теоретически объяснить необходимые технологические условия изготовления булата. Сталь эту «варят» в виде слитка, добавляя чистый углерод. Количество углерода и режим охлаждения слитка и рожают необходимые свойства. Металл слитка кристаллизуется в виде дендритов — сложных сростков мелких кристаллов, напоминающих елочку. Остывающий слиток можно ковать — дендриты не разрушаются, но сплющиваются. Металл получается гибким и твердым, поверхность его имеет муаровый вид. Самому Чернову удалось вырастить дендрит стали длиной в 39 см (рис. 11).

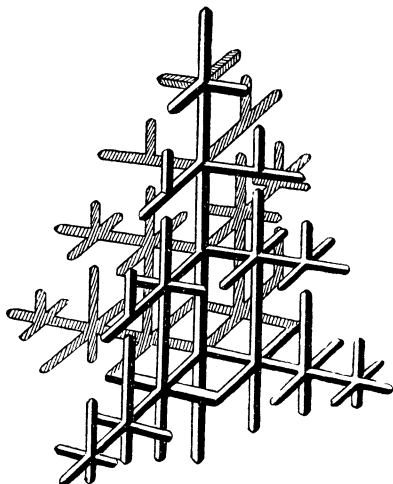
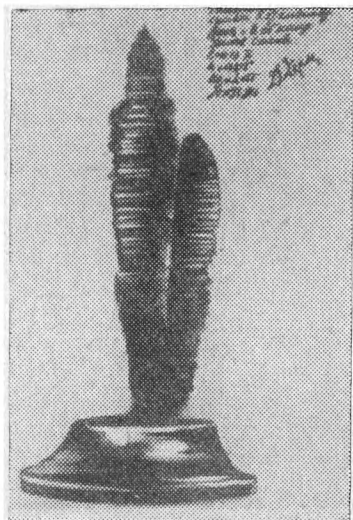


Рис. 11. Кристалл — дендрит стали, выращенный Д. К. Черновым, и его структура.

После Чернова изучением булата и изготовлением предметов из него занимался его последователь П. П. Аносов. Так родилась златоустовская сталь.

Немецкие мастера оружейной стали из Золингена очень снисходительно отнеслись к сообщениям из Златоуста. Через некоторое время состоялся официальный экзамен — сравнение свойств сталей обеих школ металлургии. Русский клинок перерубил пополам лезвие немецкого палаша.

Так стараниями многих ученых булат родился вновь и стал служить людям и их мирному будущему. Сейчас из булатной стали делают ножи комбайнов, силосорезок и других механизмов.

Марок сталей в наше время великое множество. С применением кобальта, хрома, вольфрама и углерода готовят стали, чье твердость и при 1000°, что особенно важно для скоростного резания металлов. Сплав железа, кобальта, никеля и марганца имеет одинаковый со стеклом коэффициент термического расширения, поэтому его применяют в радиоэлектронной аппаратуре. Могущество стали и в громадных строительных машинах, и в оружии, готовом защищать

17:СНБИР:99:Г



Рис. 12. Клеймо на булатных клинках, выпускавшихся Златоустом.

нашу мирную жизнь. В нашей стране ежегодно производится громадное количество стали и чугуна. Так, Н. С. Хрущев в отчетном докладе на XXII съезде КПСС сказал, что в 1961 году в нашей стране было выплавлено 51,1 млн. т чугуна и 71 млн. т стали. Если мы представим себе, что на квадрат со стороной 100 м укладывается добытый за год металл, то из чугуна получится брус высотой 670 м, а из стали — 940 м. Для сравнения вспомним, что высочайшее сооружение в Европе, парижская Эйфелева башня, поднимается к небу на 300 м, высота мачты Московского телецентра, построенная Шуховым, — 135 м, а высота пятиэтажного дома — 20 м. Однако если бы такой брусок стали был действительно создан, то под действием своего чудовищного веса он на треть ушел бы в землю, вызвав, возможно, многочисленные геологические возмущения.

Доменный процесс — не единственный способ получения железа. В глубокой древности железо получали из руд, пользуясь древесным углем. Чистое железо плавится при 1539°, чугун значительно ниже — при 1200°. Такие высокие температуры наши предки не могли создавать, но железо они все-таки выплавляли. Представим себе большой костер, который разложен на вершине холма. В этот костер попеременно с дровами положены куски железной руды величиной с грецкий орех и меньше. Будет ли восстанавливаться железо из руды в таком простом оформлении? Оказывается, будет. Кусочки руды малы, дует ветер, помогая костру гореть, и он горит долго. Потом в золе можно будет найти

маленькие ноздреватые кусочки настоящего мягкого железа. Они покрыты снаружи и пронизаны изнутри шлаком. Эти комки железа называют крицей, а сам процесс — кричным.

Следы таких костров находят на Урале и в европейской части СССР, были обнаружены они и в Германии, Англии, Швеции. Впоследствии, когда люди познакомились с действием водяного колеса, железо начали выплавлять таким способом уже в низинах, по берегам рек. Костер уже разжигали в яме или специально строили земляной вал. Водяные колеса приводили в движение меха, меха вдували воздух внутрь кострища — так родился горн. В Египте тоже использовали дутье, но меха были невелики и приводились в движение силой человека или животных.

Что же можно сделать с маленькими губчатыми кусочками железа? Их выбирали из золы и долго били, чтобы удалить шлак. Потом крицы складывали в маленький горн и разогревали. Комки слипались в один большой кусок. Этот кусок в разогретом состоянии ковали. Под действием ударов железо становилось плотным — «сваривалось». Чтобы «сваривание» проходило быстрее и лучше, кусок железа посыпали толченым древесным углем и обмахивали веником из прутьев. Тонкий слой окислов железа при такой процедуре восстанавливался до чистого металла, и комочки слипались в единое целое.

Если нужен был большой кусок металла, его сваривали из нескольких меньших. Вспомните кинофильм «Петр Первый». В горне разогревают отдельно ось и лапы якоря, затем переносят их на наковальню, обметают соединяемые поверхности березовыми вениками, складывают вместе и начинают ковать. Части якоря плотно соединяются, срastaются. Надо сказать, что при ковке металл нагревается от ударов, и это добавочное тепло облегчает сваривание.

Кричное железо очень чистое. Оно ведь не плавилось, значит, растворяло гораздо меньше примесей. В древней Руси из такого железа делали оружие и кольчуги. Для кольчуг железо проковывали до тех пор, пока не получалась проволока толщиной в 0,75 мм. Из ее кусочков делали кольца, концы которых соединяли крошечными заклепками. Достоинство удивления мастерство и терпение древних оружейников, которые делали эти колечки, заклепки, пробивали такие маленькие отверстия — ведь только на одну кольчугу шло до 10 тыс. колечек!

Оружие из мягкого железа доставляло воинам немало хлопот. Не раз во время битв они в ярости швыряли согнувшиеся мечи на землю и топтали их ногами. Не менее курьезен и случай с Бухарским эмиром, который приказал лучшим оружейникам своей столицы отковать ему меч из куса «небесного железа». Но сколько ни старались оружейники, ничего

у них не вышло: железо рассыпалось при ковке в порошок. Дело в том, что железо это не было железным: большая примесь никеля в метеоритах делает его при нагревании хрупким. Пришлось беднякам расстаться с головой...

Когда появились первые доменные печи, а с ними чугун, металлурги долго не знали, что с ним делать. Чугун хрупок, регулировать его свойства и переделывать на железо и сталь трудно. Огорченные металлурги считали чугун отбросом производства и называли его чугунной свиньей, чушкой (откуда пошло и название чугунных слитков).

Доменный процесс вытеснил кричный способ, но не везде и не надолго. В странах с бедными рудами (например, в Швеции) этот способ существовал все время и дожил до наших дней. Ведь железо получается очень чистым, дальше его можно превращать в очень качественные стали. Шведские пилы, лезвия опасных и безопасных бритв славятся во всем мире.

Очень интересовался кричным способом и настаивал на его применении и разработке Д. И. Менделеев. Возможность применения кричного процесса в наше время подтверждена многими работами. Но как он изменился внешне, этот процесс!

При кричном процессе температура восстановления железа была выше 1000° , железо спекалось в губчатую массу. Чтобы избавиться от вредных примесей, от этого режима отказались. Теперь температура процесса составляет 900° . Восстановителем служит или искусственный горючий газ (его получают из каменного угля в специальных генераторах, где образуется смесь угарного газа и водорода), или природный газ, или каменноугольная пыль. Иногда применяют смеси этих восстановителей.

Железная руда применяется в мелкораздробленном виде. Такой режим процесса получения железа позволяет достигать довольно быстрой и достаточно высокой (но никогда — полной) степени восстановления металла из руды и избегать спекания железа с пустой породой. Это облегчает отделение металла от шлаков и до известной степени устраняет возможность перехода в железо серы при работе со скверным каменным углем.

Процесс ведут во вращающейся печи. Это громадная металлическая труба диаметром более 2 м и длиной 40—50 м. Она лежит чуть наклонно на нескольких опорах — подшипниках. На трубе — несколько поясков, похожих на громадные шестерни. С ними соединены «шестерни» небольшого диаметра, приводимые во вращение электромоторами. Вся эта громада способна вращаться со скоростью нескольких оборотов в час. В приподнятый конец трубы — печи из специального бункера постоянно сыплется измельченная железная руда.

При вращении печи руда медленно перемещается к ее нижнему концу. В него вдувается горючее — восстановитель. Как видите, движение руды и горючего направлено навстречу друг другу. Железная руда, двигаясь, сначала прогревается, затем начинает восстанавливаться. Чем ближе выход, тем больше восстановителя и выше температура — значит, тем легче руда превращается в металл. Процесс идет непрерывно, износ печи невелик.

Этот способ получения кричного железа отличается от других тем, что при нем употребляется дешевое топливо — скажем, многозольный каменный уголь или торф с нефтяными отходами, а руда может быть бедной и представлять собой непригодный для доменной плавки порошок. При этом не происходит существенного понижения выхода металла (обычно около 97% всего содержащегося в руде железа).

Трубчатым печам не нужно такое дорогое и мощное оборудование, как воздуходувные машины и воздухонагреватели, но их производительность во много раз ниже, чем домен. Все же оборудование для получения железа непосредственно из руды обходится, при равной производительности, дешевле, чем оборудование доменных печей.

Вы спросите, где же металл в этой раскаленной, дымящейся горке золы, что высыпается из печи? Металл есть, его много, но надо его уберечь от воздуха (железо хорошо горит — вспомните золотые звездочки палочек «бенгальского огня»). Огарок — так называют эту золу — высыпают в специальное хранилище с нейтральной атмосферой, чаще всего углекислым газом или азотом. Затем остывший огарок подвергают магнитной сепарации. Конвейер подает комки огарка к другому, наклонному, конвейеру, который как бы перевернут и похож на движущийся потолок. За вторым конвейером стоят мощные электрические магниты.

Когда первый конвейер доставляет огарок в зону действия магнитов, магнитное поле выхватывает кусочки железа из общей массы и удерживает на полотне второго конвейера. Они висят, если так можно выразиться, вниз головой. Пустая порода ссыпается с конца конвейера в вагонетки и выбрасывается. Железные комки, так называемый скрап, движутся вместе с лентой второго конвейера и уносятся в сторону от вагонеток с золой. Там действие магнитов заканчивается — они ведь неподвижны — и скрап падает под действием своего веса в бункер. Дальше железо можно прессованием или ковкой превратить в монолитный металл, а можно отправить в мартеновскую или электрическую печь и превратить в высококачественную сталь.

Мягкое и очень чистое железо — только полупродукт, заменяющий мягкий лом или чугуны. Сравнительно недавно у

нас начали применять новый метод варки стали в электрических печах. Сталь получают из прессованного железа или скверной стали с раковинами и кусками шлака внутри слитка. Электродами в печи служат бруски железа или стали, на дне печи лежит некоторое количество шлака. При соприкосновении брусков и шлака возникает электрическая дуга, она плавит металл. Слиток образуется и остывает под слоем шлака. Металл получается хорошего качества и без механических изъянов внутри.

Во Франции недавно построен металлургический завод по производству железа из бедной руды описанным выше способом. В Югославии, в г. Скопле, построено предприятие, которое будет выплавлять железо из предварительно разогретой руды в электрических печах. Предварительного обжига руды уже нет. Расход электроэнергии сокращен вдвое.

Через 20 лет мы сможем добывать ежегодно до 250 млн. т стали (это дало бы брус высотой в 3,3 км).

Особенно много стали в нашей стране идет в прокат, превращаясь в листы и трубы, рельсы и балки, проволоку и фольгу.

Если бы стальную арматурную проволоку (ее называют анкером) выпускали толщиной в миллиметр, то за год количества ее производства хватило бы, чтобы 9 тыс. раз обвить земной шар по экватору. У нас только за час изготавливается 3 км стального трубопровода! Это позволит в ближайшее время подавать горючий природный газ из Средней Азии в Сибирь и на Урал. Использование этого газа в доменном процессе, особенно с кислородным дутьем, даст дополнительно до 8 млн. т стали в год и сохранит каменный уголь — ценное химическое сырье.

ХИМИЯ ЖЕЛЕЗА

Под химией железа подразумевается его поведение как элемента при взаимодействии с другими элементами и соединениями. Химические свойства любого элемента определяются строением электронной оболочки его атома. Каково же оно у железа?

В наружном слое у атома железа располагаются два электрона. На следующем, под первым, внешним—14 электронов. Это и определяет химические свойства железа. Атому железа нетрудно отдать два своих электрона и превратиться в двухзарядный положительный ион. Принять же к себе 10 «чужих» электронов, чтобы достроить обе свои внешние оболочки до нейтрального состояния оболочки благородного газа, нелегко (рис. 13). Поэтому железо ведет себя как металл и проявляет валентность, равную 2.

Но это не исчерпывает возможностей атома железа. Один из 14 электронов, составляющих вторую оболочку, охотно покидает свою орбиту и превращается в валентный электрон. Он легко покидает атом, который становится трехзарядным положительным ионом. Такое трехвалентное состояние наиболее типично для железа. Итак, возможны производные двух- и трехвалентного железа. Это мы и наблюдаем при изучении соединений железа.

Как же железо относится к своим соседям — другим элементам? Интереснее всего его отношение к кислороду.

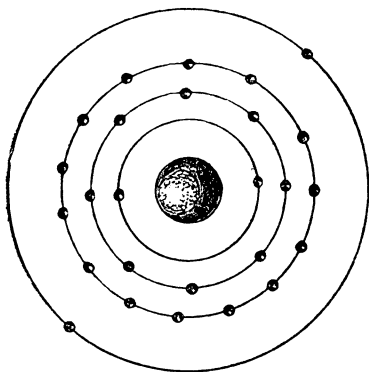


Рис. 13. Строение атома железа.

Металлическое железо в зависимости от химической чистоты и состояния по-разному реагирует с кислородом. Из некоторых соединений можно получить железо в виде очень тонкого порошка. Так, если в узкой пробирке, куда затруднен доступ кислорода воздуха, нагревать щавелевокислое железо — его называют оксалатом железа $\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)$, то получается порошкообразное металлическое железо черного цвета. Оно способно самовоспламеняться на воздухе (это свойство называют пирофорностью). Достаточно высыпать порошок из пробирки, как вспыхивает сноп золотистых искр. Такое же железо образуется в виде бахромчатых наростов на горелках бытовых газовых приборов, так как в горючем газе присутствует газообразное соединение железа, называемое пентакарбонилем $\text{Fe}(\text{CO})_5$. Внутри раскаленной газовой горелки это соединение разрушается и отлагает порошок железа, который часто неправильно называют копотью. Чистое железо в слитке ведет себя не хуже золота — оно не окисляется. Но получить железо в таком виде трудно. Обычное бытовое железо окисляется легко, но этот процесс идет при обычных условиях только в присутствии воды. Его называют ржавлением.

Железная ржавчина Fe_2O_3 — бурая пористая корка, которая покрывает поверхность железного предмета и не защищает его от дальнейшего ржавления. В ржавлении железа скрыта большая опасность. Подсчитано, что около четверти мировой продукции железа за год теряется из-за ржавчины. Так природа способствует распылению, и, надо сказать, почти безвозвратному, железа на нашей планете.

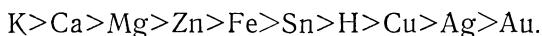
Запомни эту страшную цифру, читатель, и не оставайся равнодушным к гибели железа. Где бы ты ни увидел ржавеющие железные предметы, машины, не укрытые от непо-

годы, прими меры по прекращению ржавления. О том, как можно уберечь железо, мы расскажем несколько ниже.

Ржавление железа

Существует несколько методов защиты железных предметов от коррозии (так называют процесс разрушения металлов вообще). Гальваническим путем железные изделия покрывают снаружи другими металлами. Так, хорошо защищают железо покрытия из меди, никеля и хрома, которые наносят одно поверх другого. Хуже по качеству и менее долговечны покрытия из никеля или меди и никеля. Пленка никеля часто плохо держится на поверхности изделия и способна отрываться. Наиболее распространены защитные покрытия из цинка и олова. Они дешевле других. Наносят их, окуная предмет в ванну с расплавленным металлом. Однако любая царапина на таком покрытии приводит к ржавлению и даже ускоряет его.

Почему это происходит? Обратимся к ряду сравнительной активности металлов. По своей способности вытеснять водород из кислот, т. е. реагировать с образованием солей, металлы можно расположить в определенный ряд:



Все металлы, расположенные слева от водорода, вытесняют его из кислот, и тем охотнее, чем они левее. Вправо от водорода располагаются металлы, которые водород вытесняет из их солей с образованием свободной кислоты.

Цинк стоит левее железа, а олово правее его. Что это значит, будет понятно из опыта. В стаканчик с любой кислотой поместим пластинки из цинка и железа, соединенные сверху проволочкой — проводником тока. На железной пластинке начнут выделяться пузырьки водорода, а цинковая станет разрушаться и вскоре совсем исчезнет. Если мы в тех же условиях поместим пластинки из олова и железа, то водород будет выделяться на олове, а железо будет разрушаться.

Теперь посмотрим, что происходит с оцинкованным или луженым железом, если на покрытии имеются глубокие царапины. В воздухе постоянно есть пары воды, углекислый газ, а в промышленных районах и городах — сернистый газ. Растворяясь в воде, газы образуют кислоты. Они-то и разрушают железо. В оцинкованном железе сначала быстро разъедается цинковое покрытие, а затем разрушается железо. В луженом железе оловянное покрытие сохраняется, а железо разрушается. Таким образом, в обоих случаях железо гибнет.

Вывод напрашивается сам: оцинкованные и луженые изделия нельзя чистить песком или царапать, а предметы с попорченным покрытием надо держать сухими или смазывать жиром. Не ржавеют на воздухе предметы из специальных сталей. Общеизвестна нержавеющая сталь, содержащая значительное количество никеля.

Ржавчина имеет довольно много применений. Мелко растертый и отсеянный порошок окиси железа под техническим названием «крокус» — один из лучших полирующих материалов. Им полируют стеклянные и металлические поверхности, части приборов из кварца и горного хрусталя, а также хрустальные украшения, которые получают свой блеск и игру после полировки пастой из крокуса и жидкого масла. Эту же пасту применяют ювелиры для полировки серебряных и золотых изделий. Интересно, что золотые изделия после такой полировки приобретают приятный красноватый тон.

Кроме окиси железа, существует еще закись железа FeO и магнитная закись-окись Fe_3O_4 . Закись железа можно получить лабораторным путем. На воздухе она неустойчива и быстро окисляется до окиси. Закись-окись железа состоит как бы из закиси FeO и окиси железа Fe_2O_3 . Но это не смесь окислов, а особое соединение, которое называют ферритом железа (железная соль железистой кислоты). Феррит железа можно получить реакцией в растворе, и поскольку он очень интересен и возможности его применения разнообразны, мы ниже подробно опишем способ его приготовления.

Существует и используется в технике много различных ферритов. Всем известен магнитофон и магнитная лента для записи звука, а ведь запись идет на тонкий слой феррита кобальта, нанесенного, подобно краске, на основу из пластмассы. Современные радиоприемники снабжаются ферритовыми антеннами, в механической памяти счетно-решающих машин используются ферритовые кольца и т. д. Трудно даже перечислить уже существующие применения ферритов и тем более угадать их будущее. Так, феррит бария создает магнитное поле колоссальной напряженности; его применение в громкоговорителях радиоприемников вскоре избавит их от тяжелых и неудобных магнитов из металлических сплавов. Да и сами радиоприемники все уменьшают свои размеры. Еще недавно были новинкой любительские карманные приемники, а сейчас уже можно ждать модели радиоприемников в оправе очков и в других небольших предметах обихода.

Если порошок чистого железа смешать в определенной пропорции с серой и нагреть в пробирке, то произойдет довольно бурная реакция. Смесь раскалится, расплавится и застынет на дне пробирки. Образуется сернистое железо, кристаллы которого обладают свойствами полупроводников. Раньше их использовали в детекторных радиоприемниках, теперь возможности применения этих кристаллов неизмеримо выросли. Полупроводниковые приборы управляют многими промышленными процессами, позволяя автоматизировать производство, лечат людей, шлют сигналы из космоса с наших искусственных спутников. Поэтому сейчас проблема получения очень чистого железа особенно важна — ведь свойства

этих чудесных кристаллов очень зависят от чистоты исходного материала.

Железные предметы разъедаются кислотами. Быстрее всего разрушает железо крепкая соляная кислота. На поверхности железного предмета бурно выделяются пузырьки газообразного водорода, раствор кислоты окрашивается в желтый цвет, присущий образующейся соли — хлорному железу. Этот процесс называют травлением и пользуются им для очистки поверхности железного предмета от пятен ржавчины. Стальные напильники и надфили, затупившиеся при работе, можно восстановить травлением. Напильник погружают в кислоту и выдерживают в ней некоторое время. Полезно периодически его постукивать, чтобы с его поверхности удалялись пузырьки водорода, затрудняющие доступ кислоты к металлу. Насечка напильника хорошо обновляется, становится острой и свободной от кусочков застрявшего металла, который попадает туда при работе.

Соль «хлорное железо» останавливает кровотечение. Для этого мелкие ранки и царапины смазывают раствором этой соли в воде.

Разведенная водой серная кислота разъедает железо медленно, а крепкая (96—98%) почти не реагирует с ним.

Своеобразно отношение к железу азотной кислоты. Разведенная водой, она медленно реагирует с железом. Концентрированная, она способна бурно реагировать с ним, но происходит это не сразу при их соприкосновении, а спустя некоторое время. Рассказывают, что во времена средневековья произошел случай, когда железо выступило в роли обличителя. Крупные феодалы покровительствовали многочисленным шарлатанам-алхимикам, надеясь, что они откроют секрет искусственного приготовления золота. В то время было известно много очень эффектных внешне химических реакций. Один из алхимиков обнаружил, что кусок железной цепи, положенный в сосуд с азотной кислотой, вызвал бурное выделение красно-бурого дыма. Вскоре этот алхимик, участвуя в заговоре, убил одного из родственников феодала кинжалом, похищенным у его сына. Хотя алхимик и был осторожен, подозрение пало на него. Убийца решил доказать свою невиновность, выдав химическую реакцию за «перст божий». Он предложил кинуть кинжал, которым было совершено убийство, в «святую» жидкость — азотную кислоту. Когда к чаше с кинжалом подойдет убийца, — появится кровавый дым. Но он принес свежую крепкую кислоту, и никакого дыма в первые минуты не появилось. Сын феодала постоял некоторое время у чаши и отошел в сторону. Пришла очередь приблизиться к чаше алхимику, и только он подошел — поверхность жидкости закипела, поднялось облачко бурого дыма и в воздухе отвратительно запахло. Негодяй был наказан.

Что же произошло? В первые моменты крепкая азотная кислота не могла реагировать со сталью кинжала — она сама защитила металл, покрыв его пленкой окисла — таково свойство крепкой азотной кислоты. Реакция началась только спустя время, когда пленка разрушилась от действия кислоты и начали выделяться окислы азота (они образуются при реакции). Так «нечаянно» восторжествовала справедливость.

Едкие щелочи, такие, как каустическая сода и другие, почти не действуют на железо. Крепкий нашатырный спирт — сильная щелочь, он разрушает железо. Процесс этот сложен, и мы не будем его разбирать. К сожалению, эта реакция мешает перевозить в стальных цистернах на поля ценные аммиачные удобрения в виде растворов, которые получают как отходы химических производств.

Соединения железа

Как мы уже говорили, атомы железа способны отдавать два и три электрона. Образуются соответственно ионы двух- и трехвалентного железа, а соединения называют закисными и окисными.

В железном купоросе — железной соли серной кислоты — железо двухвалентно. Техническое применение этой соли разнообразно. Если ее слабым — 3—5-процентным раствором опрыскивать растения, то гибнут многие из насекомых-вредителей. Фотолюбители готовят на основе этой соли высококачественный проявитель (его рецепт смотрите в приложении «Интересно, полезно знать»).

Существует и сульфат трехвалентного железа. Соль эта представляет собой очень мелкие кристаллы слабого розового оттенка. Интересно, что в воде может раствориться значительное количество этой соли, но растворение идет медленно. При нагревании сульфата трехвалентного железа происходит его разложение. При этом образуется окись железа в виде тонкого порошка и белый дым — серный ангидрид. Он легко растворяется в воде, образуя серную кислоту. Когда-то таким способом получали серную кислоту алхимики.

Действие щелочей на растворы солей железа своеобразно. Долгое время считали, что если взять соли двухвалентного железа, то образуется $\text{Fe}(\text{OH})_2$, а из солей трехвалентного — $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Но это оказалось неверным. Не так давно выяснено, что при этом образуется гораздо более сложное соединение, молекула которого состоит из четырех ионов железа (ядро молекулы), ионов кислорода и гидроксильных групп (так называют OH -группы). Записывается молекула так: $\text{Fe}_4\text{O}_3(\text{OH})_6$.

Рассмотренные выше окислы, соли и гидроокиси железа кратко можно назвать простыми соединениями. $\text{Fe}_4\text{O}_3(\text{OH})_6$ уже называют сложным соединением, четырехъядерным. Есть еще более сложные соединения железа, которые так и называют комплексными.

Комплексных соединений в наше время получено и исследовано много; число их постоянно растет.

Но вернемся к железу. Уже давно люди используют кровяную соль железа. Само название говорит о ее происхождении. Сгустки крови животных на бойнях смешивали с железными опилками и поташом и нагревали на жаровнях. Вспученную массу дробили и заливали водой. Через некоторое время желто-зеленую жидкость осторожно сливали и упаривали. Вот тут в растворе начинали образовываться и расти очень красивые кристаллы нежно-желтого цвета. Исследование этого соединения показало, что оно имеет ядро из иона двухвалентного железа, окруженное шестью группами-ионами CN. Они составляют так называемую внутреннюю сферу $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$. Каждая группа CN имеет один отрицательный заряд, всего их шесть. Два заряда можно считать компенсированными двумя положительными зарядами иона железа, а четыре избыточных отрицательных заряда компенсируют ионы калия. Итак, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ —желтая кровяная соль. Если раствор соли трехвалентного железа обработать большим избытком цианистого калия, то образуется $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ —красная кровяная соль (ион железа компенсирует три заряда из шести, поэтому ионов калия три). Обе соли известны в быту: синие (не анилиновые) чернила готовят, смешивая растворы желтой кровяной соли и любой соли трехвалентного железа. Таким способом можно окрашивать пористые предметы (дерево, материю), нанося рисунок раствором соли железа и проявляя его раствором кровяной соли.

В фотографии применяют красную кровяную соль. Смесь ее раствора с раствором гипосульфита способна растворять металлическое серебро, возникающее на негативах и отпечатках. Если вам хочется смыть что-либо с фотографии, вы можете проделать это смесью растворов: первый — 3 г красной кровяной соли и 200 мл воды; второй — 20 г гипосульфита и 200 мл воды. Смешивают растворы поровну. Отпечаток необходимо хорошо промывать водой после обработки. Помните, кровяные соли железа ядовиты!

Интересно, что растворяется только металлическое серебро, а его соли не разрушаются. На использовании этого свойства построено обращение негативов в позитивы. Проявленный негатив помещается в ванну из раствора красной кровяной соли с добавлением серной кислоты. Металлическое серебро негатива растворяется. Такой негатив вновь выносят на свет и вновь проявляют—изображение получается уже позитивное, его можно контролировать при обычном свете. Затем изображение фиксируется. Промытый позитив высушивается. Не все фотоматериалы дают при обращении хорошие позитивы, для этого делают специальные фото пленки. Этот же принцип используют и при обработке цветной пленки.

Примером другого комплексного соединения железа может служить соль Вейнланда: $[\text{Fe}_3(\text{CH}_3\text{COO})_7(\text{OH})_2]$.

Это трехядерное комплексное соединение железа и уксусной кислоты. Его можно приготовить, залив уксусной эссенцией обломки очень ржавого железа. Дня через три жидкость приобретает красный цвет. Ее осторожно сливают. Зачем она нужна? Оказывается, она хорошо окрашивает поделочную древесину или фанеровку в красно-бурый тон, сочный, не меняющийся со временем. Если после обработки этим раствором дерево пропитывают раствором краски байц, получается очень удачная имитация черного дерева. Древесину используют плотную (груша, бук, дуб, ясень). Поверхность окрашенного предмета натирают пастой из мелкораздробленного березового угля с небольшим количеством воска и скипидара.

Теперь, когда мы уже довольно глубоко заглянули в химию железа, можно остановиться на химии дыхания. Дыхание свойственно всем живым организмам независимо от их сложности, будь то слон или одноклеточная бактерия. Сущность дыхания — в окислении кислородом воздуха сложных органических соединений, имеющих в живой клетке. В результате этого процесса образуются продукты окисления и выделяется тепло — та энергия, за счет которой совершаются все жизненные процессы: питание, размножение и др.

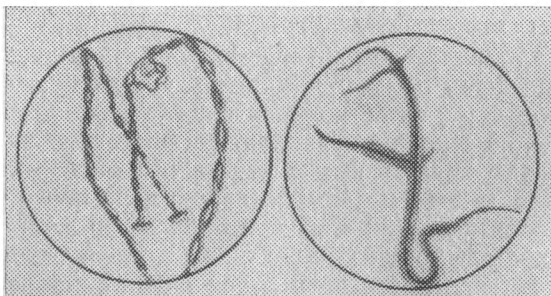
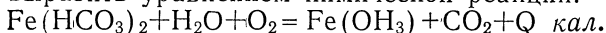


Рис. 14. Железобактерии.

Есть микроорганизмы, которые осуществляют процесс дыхания, окисляя кислородом воздуха простые неорганические соединения. К ним относятся железобактерии, живущие в воде источников, богатых солями двухвалентного железа, особенно кислым карбонатом $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Очень часто такие бактерии поселяются в железных водопроводных трубах и образуют бурые слизистые налеты (рис. 14). Процесс их дыхания можно выразить уравнением химической реакции:



$Q \text{ кал}$ — энергия, выделяющаяся при реакции.

Для создания 1 г органических соединений своей протоплазмы бактерии перерабатывают столько солей двухвалентного железа, что образуется 428 г гидроокиси железа — мы уже говорили, что в конечном итоге образуется соединение $\text{Fe}_4\text{O}_3(\text{OH})_6$.

Болотные руды железа (бурый железняк) произошли именно в результате длительного накопления продуктов деятельности железобактерий. За исключением подобных организмов все живые организмы от растений до человека связывают вдыхаемый кислород с помощью сложных соединений, в центре молекулы которых находится атом металла. Для растений это атом магния, для животных — железа.

Дыхательный пигмент на основе магния называют хлорофиллом. Это знакомый всем зеленый цвет листьев растений. Дыхательный пигмент крови — гемоглобин. Его цвет меняет-

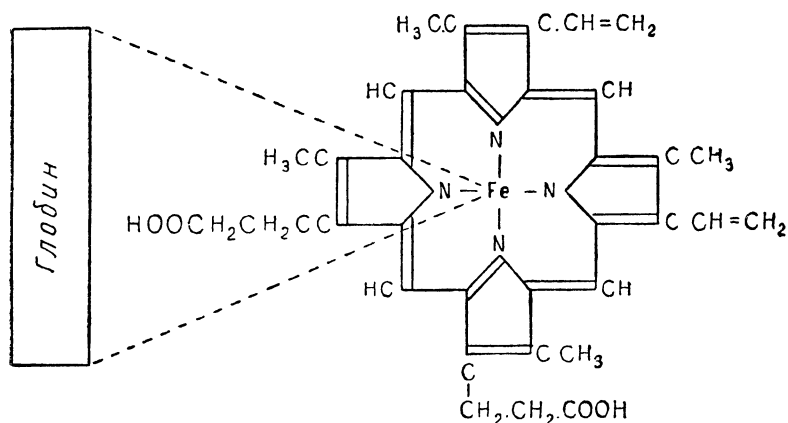


Рис. 15. Структура гемоглобина.

ся в зависимости от содержания в нем кислорода. Если бы мы могли заглянуть внутрь маленькой клетки нашей крови — эритроцита, то увидели бы, что это — сплюснутая овальная тарелочка с углублением в центре. Остов клетки состоит из сетчатых нитей белка, в ячейках которых поместились зерна холестерина. Это наружный остов клетки. А внутри нее сосредоточено красящее вещество крови — гемоглобин. Он на 96% состоит из белкового соединения глобина и на 4% — из гематина, содержащего железо (рис. 15).

Гематин — особое соединение. Его называют клешневидным. Обнаружить присутствие железа в таком соединении очень трудно. Его молекула напоминает маленького жадного краба, который схватил обеими клешнями лакомый кусочек—

ион железа и крепко держит его. Железо-пленник покорилось своей участи и стало работать, извлекая из воздуха кислород и «прикрепляя» его к себе непрочной связью. Этот процесс происходит в легких, где кровь соприкасается с воздухом через тонкие стенки капиллярных сосудов. Гемоглобин превращается в оксигемоглобин и приобретает ярко-алый цвет. Сердце перекачивает кровь из легких в самые отдаленные уголки тела. Там оксигемоглобин теряет свой кислород, отдавая его клеткам ткани, и меняет свою окраску на темно-бурую (венозная кровь). Один грамм гемоглобина способен удерживать 1,5 см³ кислорода. В воздухе содержится 27 частей кислорода на 100 частей воздуха. При растворении воздуха в воде содержание кислорода по отношению к азоту увеличивается вдвое. Гемоглобин, поглощая кислород, увеличивает это соотношение в 60 раз (1705 частей кислорода на 100 частей азота).

Углекислый газ — продукт жизнедеятельности клеток — поступает в кровь, но уже не связывается гемоглобином, а уносится другими соединениями. Процессы кислородного и углекислотного газовых обменов протекают параллельно, не мешая друг другу. Но кислород, к сожалению, не единственный газ, который реагирует в крови с гемоглобином. Гемоглобин в 140 раз прочнее связывается с угарным газом, который образуется при неполном сгорании топлива (особенно при медленном тлении древесного угля). Возникает карбоксигемоглобин. Он очень прочен, имеет алый цвет. В комнате, где рано закрыли печь, человек вдыхает малые дозы угарного газа, и этот коварный враг жизни незаметно забирает в плен миллиарды эритроцитов, все больше лишает их способности переносить кислород — и организм начинает страдать от удушья. На человека нападает сонливость, он начинает хрипеть и теряет сознание. Внешне он выглядит хорошо: румяные щеки, алые губы (это алый карбоксигемоглобин). Если вовремя не помочь искусственным дыханием на свежем воздухе, человек погибнет. Также прочно связывает гемоглобин синильная кислота HCN и ее соединения — такие, как цианистый калий, но тут еще добавляется паралич нервной системы.

В организме взрослого человека содержится от 0,006 до 0,01% железа. С пищей человеку необходимо ежедневно получать примерно 100 мг железа. Оно всасывается в организм из пищеварительного тракта в виде соединения ферритина. При недостатке железа или плохом его усвоении у людей развивается болезнь хлороз. Выражается она в плохом цвете лица, быстрой утомляемости, головных болях и постоянном плохом настроении.

Необходимо принимать специальные меры по увеличению содержания железа в пище и его усваиванию. Врачи рекомендуют пить гематоген, есть тертые на железной терке яблоки (небольшое количество железа растворяется в яблочных ки-

слотах), печень телят в полусыром виде (рецепт вкусного оформления этого яства дан в приложении «Интересно, полезно знать»). Печень особенно рекомендуют людям, потерявшим почему-либо много крови. Усвоению железа в организме способствует витамин В₁₂ (содержащий, кстати говоря, кобальт).

При разложении эритроцитов внутри тела (синяки, кровоподтеки) образуется свободное от железа соединение — гематин, дальнейшее разрушение которого сопровождается сменой окрасок от фиолетовой через голубую, бурую, желтую до зеленой. Лучшее лекарство в этом случае — свинцовая примочка.

Все краски нашего тела, кроме бурого пигмента волос — розовая кожа, красные губы, ярко-красная кровь, зелено-желтая желчь и янтарная моча — «дочери» единственного красящего вещества нашего тела — гемоглобина.

Кроме гемоглобина, известны еще два дыхательных пигмента: хлорокруорин (1,2% железа) и гемэритрин (1% железа). Они не уступают по качеству гемоглобину, но встречаются только в плазме крови некоторых червей.

Курильщикам следует иметь в виду, что кроме зловреднейшего яда — никотина — человек с каждой папиросой или сигаретой отравляет себя угарным газом. Последствия регулярного вдыхания этого газа тяжелы для организма — нарушается нормальный газообмен тканей, гибнут миллионы клеток-эритроцитов, разрушаются нервные регуляторы дыхательных процессов.

Любителям вкусных домашних наливок из вишни стоит запомнить, что в косточках вишни содержится синильная кислота, которая при длительном настаивании ягод переходит в наливку и грозит здоровью человека. Внешние признаки отравления: кровь приливает к лицу, усиливается сердцебиение, возможна кратковременная потеря сознания. Лекарство одно — энергичное дыхание на свежем воздухе.

Изучение процесса дыхания познакомило нас попутно с очень сложными соединениями железа. Таких соединений теперь известно много, интерес к ним отнюдь не ограничен целями высокой науки, — многие уже служат практически. Так, клешневидные соединения способны совершать разнообразную полезную работу. В продаже имеется химическое соединение под названием «Трилон Б». Небольшие количества этого препарата мгновенно превращают загрязненную воду в чистую, близкую по свойствам к дистиллированной. Молекулы трилона «каrestовывают» ионы металлов в воде и прочно связывают их. Вода становится мягкой. Этим пользуются в фотографии: добавление 1 г трилона на литр воды делает ее мягкой. Женщины часто жалуются, что в водопроводной воде

трудно хорошо вымыть голову. Добавьте щепотку трилона — и вы чудесно промоеете волосы. Соединения, подобные трилону, лечат людей, растворяя почечные камни и удаляя из организма ионы тяжелых металлов (свинца, урана и др.).

Мы удалились в сторону от химии железа, но не сделать этого трудно. Ведь обособить железо от химии в широком смысле слова невозможно, да и в нашу задачу входит не только изучить железо с научной точки зрения, но и получить разнообразные практические сведения, полезные в повседневной жизни.

**Магнитные
свойства
железа**

Мы коснулись в самых общих чертах химической судьбы металла, которого добывают и используют в 20 раз больше, чем всех остальных металлов, вместе взятых.

Исключительное разнообразие свойств железа не опрашивается тем, что мы уже рассмотрели. Коротко уже упоминалось о магнетизме — особом свойстве железа. Теперь остановимся на нем подробнее. Нет человека, который не знал бы слова «магнит». А что такое магнит? На это не так просто ответить. Обычно этим словом называют предметы, способные притягивать и удерживать железные изделия. Чем же притягивает и почему один предмет держит другой? Явление магнетизма известно с глубокой древности. Само слово происходит от названия города Магнезия в Малой Азии, около которого существует богатое месторождение магнитного железняка. Практическое применение магнетизм получил значительно раньше, чем началось его научное исследование. Мореходы Китая и Греции, а затем Карфагена и Рима пользовались компасом с магнитной стрелкой.

Поведение магнитной стрелки компаса говорит о том, что и Земля — тоже магнит. Ведь два магнита могут или притягивать, или отталкивать друг друга в зависимости от взаимного расположения. Это свойство называют полярностью, и исходя из свойств компасной стрелки у магнитов различают Северный и Южный полюс, как и у Земли. Впервые систематически собрал и изучил сведения о природе магнетизма английский физик У. Гильберт, за ним большой вклад в эту науку внес итальянец Галилео Галилей. Они установили, что магнетизм свойствен всем телам, но в разной мере и форме. Одни предметы втягиваются в пространство между полюсами подковообразного магнита, другие выталкиваются оттуда. Впоследствии первое явление называли парамагнетизмом, второе — диамагнетизмом.

Железо во много раз больше других предметов взаимодействует с магнитом, поэтому его выделили особо и такое сильное взаимодействие называли ферромагнетизмом. Объясняли магнетизм разное, и только после работ М. В. Ломоносова появилась правильная и поныне теория этого явления.

В дальнейшем исследование свойств электрического тока показало, что он способен создавать магнитное поле. Датский физик Х. Эрстед долго и серьезно работал над этим вопросом и сделал вывод, что внутри молекул веществ существуют молекулярные электрические токи; они-то и создают магнетизм.

Шагнув в наше время, мы можем познакомиться с теорией советских ученых Я. Френкеля и Л. Ландау. Вещества построены из элементарных частиц — магнетиков. Если магнитные поля всех таких частиц взаимно замкнуты, то тело в общем не имеет избыточного магнетизма и выталкивается магнитным полем. Но если в теле есть отдельные, не замкнутые друг на друга магнетики, то оно является проводником магнитного поля, а если это тело — железо, то самостоятельным магнитом. Говоря «железо», мы несколько грешим. Оно не магнит, оно только хорошо проводит магнитное поле, так как его элементарные магнетики легко располагаются в правильном порядке под действием внешнего магнитного поля. Стоит убрать это внешнее поле — и магнетики беспорядочно рассыпаются.

Иное дело сталь. Ее структура более жесткая. Под действием магнитного поля частицы-магнетики повернутся и выстроятся в линию, преодолевая некоторое сопротивление. После прекращения действия поля внутренний порядок частиц сохранится, и стальной предмет станет магнитом.

Если мы обратимся к таблице элементов Д. И. Менделеева, то увидим, что ферромагнетизмом обладают железо, кобальт, никель. Вправо и влево от них магнетизм резко убывает. Железо — самый магнитный материал.

Мы уже видели, что атомы железа имеют самые прочные ядра, и вновь сталкиваемся со свойством атома этого элемента, которое создает ему особое положение среди остальных. Железо и его сплавы имеют различные магнитные свойства.

Если остаточный магнетизм мал, материал называют магнитно-мягким, если велик — магнитно-жестким.

Магнитно-мягкие материалы идут на изготовление трансформаторов, из них делают магнитопроводы электромоторов, ускорителей элементарных частиц и т. п.

Магнитно-жесткие материалы применяются как источники магнитных полей динамических громкоговорителей, микрофонов, реверсивных двигателей. При малом весе и объеме они способны создавать очень сильные магнитные поля. Сейчас широко распространяются магнитные материалы на основе ферритов, о которых мы уже говорили. Они особенно удобны, так как им можно придавать различные формы и свойства. Многие ферромагнитные материалы способны менять свои размеры под действием внешнего магнитного по-

ля. Если это поле переменное, то такой ферромагнетик начинает вибрировать, превращая магнитные колебания в механические. Это свойство, называемое магнитострикцией, используют в технике ультразвука.

ЖЕЛЕЗО — КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Рожденное черной металлургией железо создает тяжелую индустрию. Мощная промышленность обеспечивает нас самыми разнообразными машинами, создает заводы, домны, кокабри. Эта же промышленность создает и стальные части скелета зданий.

Мы уже говорили о пластичном состоянии металлического железа, которое особенно велико при нагреве. Представьте себе два стальных цилиндра, расположенных один над другим в горизонтальном положении. Специальное устройство вращает оба цилиндра навстречу друг другу с одинаковой скоростью. Все это устройство внешне похоже на валики для отжимания белья у стиральных машин. На заводе цилиндры называют валами, а все устройство — прокатным станом.

Разогретая стальная болванка затягивается движением валов в щель между ними и обминается, становясь сплюсненной. Если за первой парой валов стоит вторая с более узкой щелью — вновь происходит обжим, и так до тех пор, пока не получится тонкий лист. Валы часто имеют на своей поверхности специальные канавки — ручьи. При прокатке металла ручьи отпечатываются на его поверхности, создавая определенный профиль. Знакомое всем кровельное железо, проволока, рельсы, стальные уголки, трубы и многое другое создается именно таким способом. Конструкционный металл получают и при ковке. Некоторые детали штампуют.

Стальные балки употребляют для возведения перекрытий между этажами зданий, особенно часто при создании цехов заводов. Специальные стальные конструкции используются при строительстве мостов (вспомните ажурный стальной Крымский мост в Москве, рис. 16).

Мачты радиорелейных линий, опоры проводов высокого напряжения и многое другое создается из стали. Эйфелева башня в Париже собрана целиком из стальных балок. Уникальным сооружением является мост через бухту Золотые Ворота у города Сан-Франциско в Америке. Его пролет длиной в 1200 м висит на толстых стальных канатах. Интересно, что при сооружении этого моста основной проблемой было перенесение конца каната с одного берега на другой. Ни одно судно не могло вынести тяжести такого каната. Поступили проще: маленький пароход перевез конец одной канатной проволоки и потом, снуя, как челнок прядильной машины, перевозил нити через бухту, перевивая и натягивая их. Так образовались канаты.

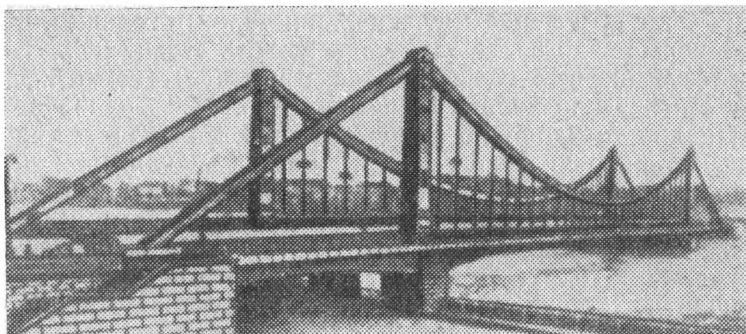


Рис. 16. Крымский мост в Москве создан из специальных стальных конструкций.

Значительно шире железо применяется как строительный материал в сочетании с бетоном. Бетон — искусственный строительный камень. Он образуется при затвердевании густой влажной массы песка и гравия с цементом. Процесс твердения бетона длителен и сложен. Принцип его основан на том, что цемент с водой образуют прочную структуру. Эта скрепляющая паста обволакивает песчинки и камешки, связывая их в единое целое. Прочность бетона очень велика, но он хрупок и чрезвычайно боится растяжения. Как всякий камень, бетон лучше противостоит сжатию.

Посмотрим, что происходит с бетонной балкой, положенной горизонтально на две опоры. Под действием своего веса она прогибается в середине. Что же происходит внутри балки? Под действием прогиба бетон верхней части балки будет испытывать сжатие, попытается сморщиться. На нижней части балки он будет растягиваться, появятся крошечные трещины. Чтобы упрочнить бетон, в середине прошлого века инженеры стали помещать в него стальные прутья и сетки, которые хорошо сопротивляются растяжению. Это не просто внутренний каркас в изделии из бетона, а местное укрепление его частей, где возможно именно растяжение.

Прочность бетона от такого сочетания возросла во много раз. Первое изделие из железобетона (так называли новый материал, и, хотя теперь употребляют арматуру из стали, это наименование сохранилось по сей день) было представлено на Всемирной выставке 1855 года в Париже. Это была цементная лодка с проволочным каркасом внутри. Автором ее был француз Ламбо. Вскоре начали появляться патенты на разнообразное применение железобетона.

В 1892 году французский инженер Ф. Геннебик предложил систему ребристых конструкций. Все здание строилось из же-

железобетона — и фундамент, и пол, и потолок, и колонны. Железобетонные сваи сразу завоевали любовь строителей. В России время первых экспериментов с железобетоном относится к 50-м годам прошлого столетия. Но использование нового материала вначале шло очень медленно. Сказывалось слабое развитие промышленности, да и не очень верили в новый вид конструкций. Профессор Института инженеров путей сообщения Н. Белелюбский приложил много сил, чтобы создать правильное мнение о свойствах железобетона среди инженеров. В 1891 году в Петербурге были изготовлены и удачно прошли испытания железобетонные строительные части. Одновременно проходили пробу балки, плиты, трубы, сводчатый мост и небольшой купол. Все они показали значительное превосходство по прочности в сравнении с чистым бетоном. С этого момента началось победное шествие железобетона по нашей стране.

В Москве существует великолепное здание ГУМа, выходящее фасадом на Красную площадь. Его внутренние мостики, бассейн и сводчатые конструкции были изготовлены из железобетона в 1893 году. Особенно много железобетонных мостов строили на железных и шоссежных дорогах. На линии Витебск — Жлобин было создано 27 мостов общей длиной 412 м. Начали строить и здания с применением железобетона. В 1906 году были закончены работы по созданию железобетонных перекрытий Московского Политехнического института. В 1904 году в Николаеве был построен уникальный маяк в 39 м высотой. Однако работа русских инженеров-строителей сильно затруднялась политикой правящих классов России, которые не верили в творческие силы народа и усиленно насаждали зарубежную культуру в строительстве, отдавая подряды на строительство немецким и французским фирмам. Русские инженеры могли строить только военные заводы вдалеке от Москвы и Петербурга.

После Великой Октябрьской революции задачи, поставленные перед советским народом партией и правительством, потребовали усиления промышленного производства и в первую очередь повышения потенциала тяжелой промышленности. Задача индустриализации страны в свою очередь делала необходимым широкое развитие строительной промышленности на новой технической основе. Железобетон нашел применение в гидротехническом, промышленном и гражданском строительстве. На Волховстрое из железобетона выполнены главное здание станции и аркады, поддерживающие путь 130-тонного мостового крана. Это была первая школа советских инженеров. Дальше последовали Днепрогэс, Нижнесвирская ГЭС... Родились железобетонные тонкостенные купола Московского планетария (28 м в диаметре) и Новосибирского театра (55,5 м).

Железобетон долговечен, стальные прутья и сетки хорошо защищены бетоном от внешних влияний. Слегка щелочная среда бетона не разрушает сталь. Постепенно инженеры пришли к выводу, что стальную арматуру в железобетоне лучше предварительно подвергать напряжению. Путь арматуры, имеющие специально рифленую поверхность для лучшего сцепления с бетоном, предварительно натягивают с большой силой. Металл слегка удлиняется за счет своей упругости. В этом состоянии арматуру заливают бетоном и дают ему затвердеть. После освобождения концов арматуры от растягивающего усилия вся упругая сила металла сдвигает бетон. Когда строительный элемент помещают на место работы, нагрузки расслабляют действие сжатия от предварительного напряжения, и бетон оказывается в нормальном состоянии. В годы Великой Отечественной войны и послевоенного восстановления народного хозяйства железобетон начали употреблять повсеместно. Сильно изменились методы его изготовления — они стали заводскими. Бетон долго затвердевает, и, чтобы ускорить это, нужен подогрев. Так появились методы электропрогрева, пропаривания в рубашках. Все это позволяет строить в любое время года и очень быстро. Потребность в железобетоне подстегнула его производство. Появился сборный железобетон и первые каркасно-панельные дома. Отдельные элементы конструкций стали сваривать в единое целое.

В настоящее время железобетон широко применяется во всех областях строительства. Во многих случаях он целесообразнее и дешевле каменных или стальных конструкций, например при постройке заводских и общественных зданий, резервуаров, в различных водопроводных и канализационных сооружениях, в эстакадах и путепроводах, в фундаментах под прокатные станы и машины, в высоких дымовых трубах, саях и т. д.

Железобетон с успехом применяют для создания набережных, портовых молов, плотин, шлюзов. Объемы железобетонных работ на строящихся крупнейших ГЭС исчисляются миллионами кубометров бетона и сотнями тысяч тонн стали для арматуры. Вспомним метро Москвы, Ленинграда, Киева — сколько там железобетона! А тоннели, шахты, штольни, аэродромы — только одно перечисление названий может утомить.

Мы только еще подходим к наиболее интересным применениям железобетона. Уже в годы Отечественной войны в нашей стране были созданы железобетонные суда и плавучие доки. Да, именно настоящие корабли, прочные, не способные ржаветь и гореть. Многочисленные испытания показали, что такие корабли служат дольше металлических. Их легче делать, ремонтировать, стоят они намного дешевле, да и мореходные их качества высоки.

Англичане используют железобетонные баржи, чтобы отвозить далеко в океан и затоплять там радиоактивные отходы атомной промышленности. В самой атомной промышленности железобетон хорошо защищает обслуживающий персонал от вредного излучения. А скоро, может быть, мы увидим в небе самолеты из железобетона. Бетонное покрытие хорошо сопротивляется действию высоких температур, скелет из стали придает гибкость всей конструкции. Особое значение железобетон имеет в военном деле и в создании фортификационных сооружений. Вспомним 1945 год. Мир потрясла весть о бессмысленной жестокости американской военщины. Хиросима и Нагасаки были уничтожены, развеяны в пыль взрывами атомного оружия, само применение которого — неопровержимое нарушение человечности.

Но стерты ли в пыль эти города? Комиссия американских экспертов через 4 месяца после атомных ударов тщательно исследовала места действия атомных взрывов. Железные конструкции из толстенных балок были немисливо искорежены, оплавлены. А железобетонные — только растрескались! Мало того, люди, бывшие внутри них в момент взрывов, остались живы и почти не пострадали.

Одно из очень интересных применений железобетон получил при строительстве высоких мачт телевизионных центров. Мачту собирают из отдельных кусков цилиндрической формы. Высота каждого куска невелика. Эти цилиндры, как детские кубики, ставят один на другой. Внутри цилиндра большое центральное отверстие. Кроме него в самой стенке цилиндра есть сквозные отверстия. Через них пропускают стальные канаты и с их помощью верхний цилиндр плотно прижимают к нижележащему. Верхние куски мачты доставляют к месту сборки уже не кранами, а вертолетами. Внешне мачта выглядит очень хрупкой: слишком высока и тонка. Железобетон изменился. Стальные канаты проходят от самого верха башни до низа и сильно натянуты, но не связаны по пути следования с промежуточными кольцами. Такая башня очень прочна и гибка. Ветер может значительно отклонять ее верхний конец, но сломать — никогда! Такие телевизионные башни построены в США, Швеции. Для Московского телецентра строят самую высокую в мире мачту в 500 с лишним метров высотой.

Интересно, полезно знать

Постоянно встречаясь с железом, мы часто не знаем, что предпринять, когда железные предметы портятся, ржавеют или ломаются. Нередко мы загрязняем свою одежду ржавчиной или каплями крови. И не знаем, как удалить пятно.

Различные рецепты можно найти в справочниках или энциклопедии, но смысл и последовательность действий можно понять только зная основы химии железа.

Защита железных изделий. Крупные железные изделия (кровельное железо, трубы и т. п.) легче всего защитить от ржавления, покрасив их. Жир или масло с железного предмета можно удалить с помощью бензина. Пятна ржавчины, если они не велики, счищают песком, наждачной бумагой или крацовочной щеткой. Сухую подготовленную поверхность металла часто приходится выравнивать шпаклевкой. Для этого смешивают растертые в порошок 1 весовую часть двуокиси марганца с 1 весовой частью окиси цинка и 1 весовой частью буры с силикатом натрия (жидкое стекло) до образования густой пасты. Паста наносится на нужные места и выравнивается шпателем. Когда шпаклевка подсохнет, поверхность изделия протирают крупнозернистой наждачной бумагой, чтобы краска лучше сцеплялась с поверхностью, и окрашивают. Лучше всего употреблять экономические олифы (оксоль, ИМС), масляный лак № 22, битумно-масляный лак № 177, нитролаки или нитроэмали. Покрытие сохранится дольше, если в краску добавить алюминиевой пудры.

Небольшие предметы из железа и стали очищаются от ржавчины травлением в растворах соляной, серной или фосфорной кислот. После травления нужно промыть их в содовом растворе и воде, а потом вытереть сухой тряпкой.

Способ 1. Берут стеарин — 5 весовых частей, скипидар — 1 весовая часть, спирт денатурированный — 10 весовых частей и все это смешивают. Чтобы стеарин растворился, смесь слегка подогревают, поставив посуду с ней в горячую воду. Полученной смесью протирают предметы, оставляют на некоторое время для подсыхания и чистят порошком из измельченного древесного угля и краски — мумии.

Способ 2. Для этой же цели применяют смесь парафина — 1 весовая часть, скипидара — 2 весовые части и керосина — 10 весовых частей. Перед использованием смесь взбалтывают и смачивают ею предметы с помощью шерстяной тряпки. На следующий день их чистят суконкой и вытирают сухой тряпкой.

Удаление ржавчины с металлических изделий. Ржавчину на металлических предметах удаляют различными средствами.

Способ 1. Применяют 35-процентный раствор хлористого цинка в мягкой воде, помещая в него предметы на 10—12 часов. После этого их вытирают сухой тряпкой. При чистке этим способом изделия приобретают блеск.

Способ 2. Хорошо удаляет ржавчину виннокаменная кислота (1 весовая часть на 4 весовые части воды). Ее применяют одну или вместе с хлористым цинком (виннокаменной кислоты 1 весовая часть, воды

100 весовых частей, хлористого цинка 10 весовых частей), или с нашатырным спиртом (1:1).

Способ 3. Можно удалить ржавчину и не применяя кислоты. Ржавые предметы сначала смачивают раствором желтой кровяной соли (1 весовая часть на 5 весовых частей воды), затем натирают смесью из желтой кровяной соли — 1 весовая часть, воды — 20 весовых частей, мыла — 1 весовая часть и мела — 2 весовые части.

Для предохранения от ржавчины железные, стальные и чугунные предметы, предварительно вытертые, покрывают тонким слоем одного из следующих средств: тавота, расплавленного парафина, вазелина, минерального масла или масляного лака. Мелкие предметы опускают в раствор парафина в бензине и высушивают в теплом месте. Вместо парафина применяют воск — 1 весовая часть и бензин — 2 весовые части. Смесь немного подогревают, помещая посуду с ней в горячую воду до растворения воска. Перед смазыванием поверхность металлического предмета нужно очистить одним из указанных выше способов.

Вазелин для смазывания применяют один или вместе со скипидаром и бензином (вазелина 8 весовых частей, скипидара 1 весовая часть, бензина 4 весовые части).

Небольшие предметы лучше всего защищать от коррозии так:

1. Чистую поверхность предмета протереть слабым раствором в скипидаре лака № 100 или 108; можно использовать другие лаки, содержащие кремнийорганические соединения. Тонкая пленка лака придает поверхности предмета водоотталкивающие свойства, и жидкости скатываются с нее в виде мелких капель (как вода с куска парафина).

2. Оксидирование поверхности. Этим способом защищают от ржавления болты, гайки, скобы, цепи и т. д. Предметы протравливают кислотой, пока поверхность полностью не очистится, моют водой и помещают на чистую металлическую сетку, которую нагревают снизу неоплетающим пламенем (спиртовка, таблетки ГЕКСА, светильный газ). Через 2—5 секунд поверхность предметов начинает менять цвет от светло-голубого до темно-синего, при длительном нагревании — до черного. Это происходит из-за образования тонкой пленки закись-окиси железа Fe_3O_4 , толщина которой и определяет оттенок цвета. В тонкой полупрозрачной пленке окисла происходит интерференция света и появляется радужный тон — цвет побежалости. Полное почернение наступает, когда образуется плотная непрозрачная пленка. Нужно сказать, что окисел Fe_3O_4 очень хрупок, легко трескается, поэтому вороненные предметы непременно надо смазывать маслом (лучше жидким).

3. Особенно интересен метод декоративного «синения» стальных предметов. Для этого составляют два раствора: воды 1 л, гипосульфита (серноватистокислый натрий) 140 г; воды 1 л, уксуснокислого свинца (свинцовый сахар) 35 г. Перед употреблением растворы смешивают в равных отношениях и нагревают до кипения. Изделия, предназначенные для «синения», предварительно очищают и полируют до блеска, потом погружают в кипящую жидкость целиком и держат до тех пор, пока не получится желаемый тон. Окрашенный предмет моют водой и смазывают маслом. Предметы после «синения» не подвергаются коррозии.

4. Железные и стальные предметы можно посеребрить, если после протравы их поместить в сосуд с отработанным фотографическим фиксажем, в котором было «закреплено» большое количество фотоматериалов. Покрытие будет прочнее, если применить гальваническое уплотнение: железный предмет присоединяют к положительному полюсу гальванической батареи или аккумулятора, отрицательный полюс присоединяется к алюминиевой пластинке, которая погружается в ту же ванну. Под действием электрического тока металлическое серебро осаждается на поверхности предмета. Осаждение должно происходить недолго, и качество его лучше всего контролировать на опыте. После промывания готового покрытия водой предмет сушат и смазывают жидким маслом.

Пайка железных предметов. В обиходе часто приходится соединять металлические предметы друг с другом при помощи сплавов на основе олова. Когда приходится иметь дело с железными предметами, примкнуть пайку не всегда просто. Сначала соединяемые поверхности предметов необходимо тщательно очистить. Затем надо «протравить» поверхность «паяльной кислотой». Это укоренившийся, но неверный термин. Паяльной кислотой называют раствор хлористого цинка в воде.

При соприкосновении с поверхностью железного предмета этот раствор, кислый от избытка соляной кислоты, дополнительно очищает наружный слой металла от окислов. Прикосновение паяльника, нагретого выше 300° , вызывает испарение жидкости. Улетает и хлорное железо. Совершенно чистая поверхность металла, покрытая пленкой расплавленных солей, хорошо лудится каплей припоя. Полуженные поверхности предметов соприкасают и, прогревая предметы паяльником или просто в пламени, добиваются расплавления прослойки припоя. При остывании предметы прочно соединяются. Вместо «паяльной кислоты» можно применять нашатырь (солянокислый аммоний) или буру. Оба эти вещества удаляют окислы с поверхности металла (первое в виде летучего хлорного железа, второе — из-за образования стеклообразной корочки соли, растворяющей окисел).

Потерявшие подвижность шарниры из железа и механизмы, покрытые ржавчиной, можно вернуть к жизни, подержав несколько дней в керосине или разогрев в пламени.

* *
*

Интересное применение находит железо при изготовлении источников постоянного тока. Железо-никелевые аккумуляторы обладают сравнительно небольшим весом и хорошей емкостью, но самое главное — они не боятся коротких замыканий и при работе не выделяют значительных количеств газов. Каждая банка аккумулятора дает напряжение в 1,25 в. При размере банки величиной со спичечную коробку емкость составляет около 4 ампер-часов. Все эти свойства позволяют применять аккумуляторы в переносной радиоаппаратуре. Аккумулятор механически прочен, долговечен и хорошо работает в широком интервале температур.

В обиходе иногда возникает потребность в постоянном токе. Получить его можно с помощью выпрямителей переменного тока сети, но они не всегда есть под рукой. Выпрямитель можно изготовить быстро своими силами.

Налейте в стеклянную банку крепкий раствор питьевой соды в кипяченой воде. Изготовьте две пластинки: из листового железа и алюминия. Эти пластинки опустите в банку с раствором соды так, чтобы они не соприкасались. На пластинках предварительно сделайте Ш-образные надрезы в выступающей над раствором части и в них плоскогубцами зажмите защищенные концы двух кусков провода. Прибор, потребляющий постоянный ток, соедините последовательно с банкой и включите в осветительную сеть или подключите к обмотке понижающего трансформатора. Это уже зависит от нужного для работы прибора напряжения. Такой выпрямитель пропускает сравнительно небольшой ток и легко разогревается, но зато его просто изготовить. Электроды выпрямителя можно сделать в виде цилиндров. Если необходим ток значительной величины, то составьте несколько параллельно соединенных банок — так будет лучше режим охлаждения.

* *
*

В быту часто бывает необходимо регулировать температуру электронагревателей. Не все домашние холодильники снабжены автоматическими устройствами, выключающими охлаждение, когда нужна низкая темпе-

ратура достигнута. Многочисленные любители-рыбоводы мучаются в холодное время года, постоянно включая или выключая подогреватели аквариумов. Да и просто температуру помещения не легко регулировать. Помочь в этих случаях может опять-таки железо. Железную пластинку довольно просто соединить с медной. Сложите тонкие пластинки обоих металлов (0,2—0,5 мм толщиной) и склепайте в нескольких местах. Эта связанная пара металлов обладает удивительным свойством. При нагревании оба металла удлиняются, но в разной степени: железо удлиняется значительно меньше меди. При твердом соединении металлов их общая пластинка, нагреваясь, будет изгибаться. Вот вам и чувствительный к температуре окружающего воздуха прибор. Он будет включать и выключать нагреватели и холодильники. Один конец такой биметаллической пластинки жестко прикрепите к деревянной или пластмассовой дощечке, второй оставьте свободным. Если у пластинки снаружи железо, то при нагревании она будет поднимать свой свободный конец над дощечкой. Если медь — все наоборот: пластинка прижмется к опоре. Под свободным концом пластинки сделайте отверстие, в которое ввинтите заостренный винт.

Если такой прибор включить последовательно в цепь питания электронагревателя, то получится простой автомат. Перемещением винта можно устанавливать разные температуры. Проверку ведут по обычному спиртовому термометру, помещенному в непосредственной близости около пластинки. Скажем, надо, чтобы температура воздуха в комнате была 20°, а она только 15°. Включаем электронагреватель с терморегулятором из биметаллической пластинки. Воздух начинает разогреваться. При 20° биметаллическая пластинка отойдет от конца винта-контакта — и нагреватель выключится. Упала температура — опять пластинка включает нагреватель. Такой терморегулятор можно сделать очень маленьким и использовать в домашнем холодильнике, охлаждающее устройство которого будет выключаться, когда будет достигнута заданная температура. Если регулируется температура воды аквариума, то терморегулятор делают таким, чтобы он поместился в стеклянную пробирку, которую потом заливают касторовым маслом. Масло не мешает регулятору работать, а поможет ему точнее регулировать температуру, так как теплопроводность масла выше теплопроводности воздуха. Пробирку плотно заткните пробкой, через которую выпустите провода, и поместите ее целиком в воду. Регулятор соедините последовательно с нагревателем. Температуру срабатывания нужно определить предварительно. Надо помнить, что пластинка переворачивается медной или железной стороной вверх, в зависимости от рода работы регулятора: включает или выключает он приборы при нагревании. Чем длиннее и уже пластинка, тем точнее работает регулятор.

Просверливание отверстий в очень твердых материалах. Если стальное сверло, хорошо заточенное предварительно, разогреть до желтого свечения и тотчас охладить, быстро погрузив его в кусок сургуча или канифоли, то им можно будет сверлить стекло, твердые металлы, камень.

В таком способе закаливания сверла сочетаются закалка стали и поверхностное науглероживание. Сверло становится очень хрупким, но и очень твердым. При сверлении предметов сверло надо смачивать скипидаром, который не позволяет ему разогреться и потерять твердость.

Железо лечит людей. Потери крови при ранениях, болезнях (скажем, язве желудка, двенадцатиперстной кишки, язвенного колита), при родах и т. п. не только выводят человека из строя на время заболевания. Отголоски перенесенного заболевания сохраняются надолго. Нервная система легко разрушается, а восстанавливается с большим трудом. Поэтому особенно важно быстро восстановить нормальное количество крови. В экстренных случаях делают переливание крови, но это помогает временно. Уже через несколько дней «чужая» кровь начинает разрушаться, и из ее «материалов» создается собственная кровь организма. После вливания взрослому человеку 100 см³ эритромаcсы величина гемоглобина в крови подскакивает на 5—7 единиц, но на следующий день «прибыль»

уже исчисляется только тремя единицами. Трудно лечить женщин, подверженных затяжным кровотечениям. Тут уже вливание крови не поможет, да это и очень дорогой способ лечения. Хорошее средство восстановления крови — питание печенью.

Печень богата железом, она — резервное хранилище запасов железа в любом организме. Само железо в печени находится в легко усвояемом виде. Лучше всего было бы рекомендовать больным включать в пищу сырую телячью печень, но больные — народ капризный, и такой полноценный и совершенно безопасный продукт, как свежая печень, часто встречает у них отпор. Есть выход из положения: куски вымытой печени и репчатого лука следует пропустить через мясорубку. Получается тестообразная масса темно-коричневого цвета. К ней надо добавить немного пшеничной муки (на 200 г печени столовая ложка муки) и, слегка посолив, тщательно перемешать. Тесто готово — можно печь оладьи. Лучше пользоваться умеренно разогретой чугунной или алюминиевой сковородой. Оладьи очень быстро подпекаются на слабо смазанной сливочным маслом сковородке, их переворачивают лезвием ножа и пекут с другой стороны. Важно одно — печь быстро, чтобы сердцевина оладьи была светло-зеленого цвета. Оладьи можно хранить в холодильнике и давать больным, когда им захочется. Оладьи очень вкусны, и больных обычно не приходится уговаривать их есть. Двухсотграммовая порция печени увеличивает содержание гемоглобина в крови в среднем на 5 единиц.

Удаление пятен ржавчины с одежды. 1. Небольшие пятна удаляют, смачивая ткань подогретым свежесжатым лимонным соком или 10-процентным раствором лимонной кислоты и протирая белой тряпкой, после чего промывают водой. Предварительно нужно сделать пробу, не меняется ли окраска самой ткани.

2. Для удаления пятен ржавчины с белых тканей применяют кислоты: щавелевую, лимонную или виннокаменную в виде 10-процентных растворов. Раствор кислоты нагревают до кипения в эмалированной посуде и в него опускают загрязненное место ткани. Затем промывают водой с небольшим количеством соды или нашатырного спирта. Можно поступить иначе: пятно смачивают водой и потом несколькими каплями соляной кислоты (2-процентный раствор). Промывают ткань водой с нашатырным спиртом.

3. По одной весовой части глицерина и щавелевокислого калия или аммония смешивают с 50 весовыми частями мягкой воды. Этим раствором смачивают пятна и оставляют на 5 часов, после чего промывают водой. Этот рецепт годится и для окрашенных тканей, но надо пробовать, не действует ли состав на краску ткани.

Удаление пятен крови. 1. Свежие пятна удаляют стиркой в холодной воде, потом в мыльной пене.

2. Старые пятна удаляют, протирая их раствором буры (2 весовые части буры, 20 весовых частей воды и 1 весовая часть 10-процентного нашатырного спирта). После этого ткань промывают чистой водой.

3. Для нежных цветных шелковых и синтетических тканей лучше применять следующий способ: крахмал смешивается с водой, прикладывают кашицу к пятну и оставляют до высыхания. После этого соскабливают крахмал, промывают ткань мыльной водой, чистой водой и, наконец, раствором уксуса (1 чайная ложка на литр воды).

4. Особенно старые пятна на белых тканях удаляют так: смачивают пятно нашатырным спиртом (3%) и раствором перекиси водорода (1 весовая часть на 15 весовых частей воды) и промывают холодной водой.

Все эти рецепты основаны на способности железа образовывать сложные растворимые соединения с реактивами. Существует много других рецептов, которые можно найти в соответствующей литературе (мы приводим ее в конце).

В наше время повсеместно распространено два вида увлечения: фото- и радиолюбительство. Им обоим может сослужить хорошую службу знание химии железа.

Фотолюбители, отправляясь в длительное путешествие, часто горюют по возвращении: фотопленки, снятые по пути, утрачивают свежесть, и при проявлении на них видна вуаль; разнообразие экспозиций при съемке создает негативы разной плотности, выровнять которые можно только особыми приемами. Совершенно незаслуженно забыт великолепный проявитель, которым пользовались наши отцы и деды. Его рецепт следующий:

I. Воды дистиллированной 1 л.

Щавелевокислого калия 250 г.

II. Воды дистиллированной 0,3 л.

Сернокислого железа (закисного) 100 г.

Серной кислоты крепкой — 5 капель (можно взять и 2 г лимонной кислоты).

Для работы смешивают 3 части первого раствора с 1 частью второго.

Время проявления — 7—10 минут, но лучше проследить необходимое время на кусочке фотоматериала.

Готовят еще два запасных раствора:

III. Бромистого калия 10 г.

Воды 0,1 л.

IV. Гипосульфита 1 г.

Воды 0,2 л.

При заведомых передержках к рабочему раствору добавляют 3—8 капель раствора III, при недодержке — 2—4 капли раствора IV.

Все растворы могут долго храниться; раствор II следует держать на свету.

Негативы получаются мелкозернистые, с хорошей градацией тонов, тон их черный (можно проявлять так и отпечатки на бумаге; очень красивый тон отпечатка напоминает рисунок черной гуашью или разведенной тушью).

Радиолюбителям часто бывают необходимы магнитные сердечники сложной формы и высокой магнитной проницаемости. Не всегда есть под руками сердечники, из которых можно сделать новые.

В домашних условиях можно получить магнитный порошок, из которого нетрудно приготовить магнитопровод.

Приготовьте раствор сернокислого железа (окисного) из 50 г $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ в 0,2 г воды, к которому добавьте в сухом виде 30 г сернокислого закисного железа и 2—3 капли серной кислоты. Раствор подогрейте в эмалированной посуде до 60—70°. 100 г 10-процентного нашатырного спирта прилейте к горячему раствору и размешивайте палочкой. Надо помнить, что нашатырный спирт сильно пахнет, поэтому эксперимент проводите в хорошо проветриваемой комнате или на открытом воздухе.

Сразу после смешения раствора солей железа с нашатырным спиртом образуется черный осадок феррита железа. Смесь, помешивая палочкой, грейте на слабом огне 10 минут. Посуду с осадком охладите и медленно слейте жидкость с осевшей на дно порошка.

Этот порошок легко высушивается фильтровальной или промокающей бумагой, сложенной в несколько слоев. Частицы порошка очень мелки (доли микрона). Применение он может найти разное, так как он магнитен и проводит электрический ток, как графит.

Сухой порошок помещают в восковую форму и смачивают клеем БФ-2. Когда он высохнет, получится магнитопровод нужной формы. Если смешать такой порошок с прозрачным нитролаком, то получится совершенно черная матовая краска с хорошей кроющей способностью.

Советуем прочитать

Ферсман А. Е. Занимательная минералогия.

Книга рассказывает о чудесах минералов, об элементах, их судьбах и взаимоотношениях между ними. В ней вы найдете разгадку многих интересных проблем, связанных с химией. Читается книга легко, как увлекательный роман.

Диогенов Г. Г. История открытия химических элементов. М., Учпедгиз, 1960.

В книге коротко рассказывается об истории открытия химических элементов, сообщается много интересных подробностей.

Ивановский М. Рождение миров. Л., изд-во «Молодая гвардия», 1951.

В книге изложен в увлекательной форме очерк некоторых современных теорий возникновения и развития солнечной системы, а также происхождения звезд и галактик. В этой книге вы найдете много сведений о железе, метеоритах, проблемах существования неустойчивых планет.

Человек и природа (Основы естествознания в общедоступном изложении). Л., книгоиздательство «Сеятель», 1939.

В VI и VII томах этой энциклопедии знаний вы найдете очень интересные сведения о жизни организма человека, об участии элементов в создании и деятельности его органов.

Краткий словарь к тексту брошюры

Атом — самая малая часть элемента, сохраняющая все его физические и химические свойства.

Булат — старое название особого вида стали.

Валентность — свойство атомов элемента, численно выражающее их способность соединяться с атомами других элементов.

Воздухонагреватель — устройство, подогревающее воздух перед подачей его в домну. Его называют еще каупер.

Гемоглобин — сложное органическое соединение, красящий пигмент крови. Осуществляет перенос кислорода к тканям тела в виде оксигемоглобина.

Глобин — белковая часть гемоглобина, представляющая собой соединение протопорфирина с железом.

Ион — заряженная частица вещества, возникающая из атома элемента, который потерял или присоединил электроны. Отличается по величине и знаку заряда.

Колоша — специальная вагонетка, подающая в доменную печь шихту.

Конвертор — металлургический аппарат, позволяющий выжигать углерод и другие примеси из чугуна.

Молекула — самая малая часть химического соединения, сохраняющая все его свойства.

Стали — сложные сплавы железа с углеродом и другими металлами.

Тигель — химическая посуда, имеющая форму чаши.

Феррит — соль железистой кислоты.

Ферритин — соединение железа, легко усвояемое человеком из пищевых продуктов.

Флюс — смесь солей, облегчающая расплавление шлаков при доменном процессе и связывающая вредные для металла примеси.

Фурмы — специальные отверстия в нижней части домны, через которые в нее подается воздух.

Футеровка — термостойкий материал, которым защищают внутренние поверхности домны, конвертора, мартеновской печи от воздействия высокой температуры.

Автор **Юрий Семенович Лопатто**

Редактор **И. Б. Шустова**

Техн. редактор **Л. Е. Атрощенко**

Корректор **З. С. Патеревская**

Обложка художника **Р. Г. Алеева**

Сдано в набор 23/IV 1962 г. Подписано к печати 23/V 1962 г. Изд. № 175.
Формат бум. 60×92¹/₁₆. Бум. л. 1,5. Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 3,02.
А 06238. Цена 9 коп. Тир. 15 000 экз. Заказ 1512.
Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

9 коп.

