

МЕТАЛЛЫ И ЧЕЛОВЕК

М. ВАСИЛЬЕВ

МЕТАЛЛЫ И ЧЕЛОВЕК



М. ВАСИЛЬЕВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО „СОВЕТСКАЯ РОССИЯ“ • МОСКВА • 1962

*Научный редактор
член-корреспондент АН СССР И. Н. ПЛАКСИН*

Эта книга рассказывает о металлах. И о таких широкоизвестных, как железо, медь, алюминий, и о тех, даже названия которых приходилось слышать не всем: церий, гадолиний, тантал.

Вы сможете прочесть здесь и о волшебных свойствах юного соперника железа — титана, и об уране — новом топливе для электростанций, и о вольфраме — самом прочном и самом тугоплавком в семействе металлов. В общем — обо всех восьмидесяти металлах, которые существуют в природе.

Вместе с тем это книга и о человеке, о его великой власти над металлами. Ведь это человек превращает ржабые камни, руду в металлические изделия.

Это он собрал, в иных случаях буквально по атому, первые крупинки редких и рассеянных элементов и открыл их удивительные свойства. Он облагородил металлы: сделал сталь нержавеющей, слабый алюминий — прочным, желтое золото — разнообразным по цвету. Это человек нашел металлам бесчисленное применение — для сооружений высотных зданий и газопроводов, космических ракет и вагонов метро, для шивания кровеносных сосудов и превращения солнечных лучей в электрический ток...

Книга эта рассказывает и о борьбе советского народа за металл, о наиболее прогрессивных методах получения и обработки металлов, о важности их экономии и рационального использования.

Книга написана очень популярно. Она рассчитана на то, чтобы ее с пользой для себя прочитал каждый интересующийся современной наукой и техникой и перспективами их развития.

ВСТУПЛЕНИЕ

Советский народ строит коммунизм.

Страна охвачена пафосом созидания. Встают новые города, заводы, фабрики. Газеты сообщают о сооружаемых шахтах и рудниках, прокладываемых дорогах и газопроводах, пускаемых электростанциях и комбинатах. Это воплощаются в жизнь предначертания новой Программы Коммунистической партии Советского Союза. В точных, отчетливых, скупых формулировках партийного документа можно рассмотреть грандиозную картину — Советскую страну, какой она будет через двадцать лет, страну, вступившую в коммунизм.

Не менее чем в шесть раз увеличится за двадцать лет валовая продукция промышленности. Небывалый размах примет капитальное строительство, строительство жилых домов, предусмотрен бурный рост транспорта, связи. Нет буквально ни одной основной отрасли промышленности, которая не сделает в эти годы стремительного рывка вперед.

И везде решающим условием победы будет металл!

...Станкостроение. Сердцевиной индустрии называют его в народе. Партия будет всемерно форсировать производство автоматических линий, средств автоматики, электроники, точных приборов; бесчисленные умелые машины встанут в цехах наших заводов за эти годы. Надо ли говорить, что развитие станкостроения невозможно без металла!

В новой Программе партии указано, что производство электроэнергии будет расти у нас такими темпами, которые опередят общий рост народного хозяйства. Уже к концу первого десятилетия, к 1970 году, выработка электроэнергии достигнет 900—1000 миллиардов киловатт-часов, а к 1980 году в нашей стране будет вырабатываться до 2700—3000 миллиардов киловатт-часов! Для этого будут построены многочисленные мощные электростанции; сотни тысяч километров высоковольтных, магистральных и распределительных сетей протянутся, образуя густую сеть во всех районах нашей страны. Будет создана Единая энергетическая система СССР, ветвями своими выходящая за границы нашей Родины, связанная с энергосистемами других социалистических стран.

Этот грандиозный план тоже потребует огромных количеств металла. И звонкой стали. И жаркой меди. И легкого алюминия.

А транспорт!.. Ведь будут стремительно развиваться все виды транспорта — от железнодорожного до воздушного, оснащенного реактивной техникой, и даже космического! Больше станет железных дорог, трубопроводов, морских и речных судов. И это все — тоже металл!

...Сельское хозяйство. И оно сегодня — важнейший потребитель металла.

За двадцать лет колхозы и совхозы страны должны получить бесчисленное количество машин. Ведь партия намечает организовать мощный подъем сельского хозяйства, приблизить его по технической вооруженности к уровню нашей промышленности. Сельскохозяйственный труд превратится в разновидность труда промышленного. И огромные количества металла будет потреблять оно, наше сельское хозяйство, совсем недавно располагавшее серпом, косой да — реже — железным лемехом плуга. Даже бороны и те в дореволюционной России были деревянными.

...Строительство. Огромные масштабы капитального строительства — жилых и промышленных зданий — потребуют быстрого развития строительной индустрии. Металла понадобится много, ибо сборный железобетон стал основой современной стройки.

Одним из фундаментов цивилизации назвал Владимир Ильич железо. Оно является и сегодня главным, основным металлом. Скупно приводит цифры Программа Коммунистической партии Советского Союза.

В ней названы лишь самые главные, и среди них — цифра выплавки стали. 250 млн. тонн стали намечается выплавить в 1980 году!

Трудно представить вещественно эту цифру. Ведь если отлить из этого металла колонну диаметром в 20 м, она поднимется в заоблачные дали ионосферы, на высоту 100 км, туда, где простирается область, принадлежащая спутникам.

Это — река металла! Ведь каждая минута 1980 года будет рождать у нас 475 тонн стали! Этого количества металла достаточно, чтобы изготовить более сотни тракторов. А выплавленного за сутки металла хватит для изготовления 150 тысяч тракторов. Помните, Владимир Ильич мечтал о 100 тысячах тракторов, чтобы русский крестьянин воочию мог убедиться в преимуществах коллективного механизированного сельского хозяйства?

Если всю эту сталь выпустить в виде рельсов, железную дорогу можно будет протянуть на расстояние в 2 млн. км. Она могла бы обвить земной шар по экватору 50 раз!

В 1913 году царская Россия давала лишь 6 процентов мирового производства металла. Только Испания из европейских государств стояла позади в списке стран, производящих черный металл. Сегодня мы занимаем второе место в мире. Ведь в 1960 году в нашей стране было выплавлено 65 млн. тонн стали. Только Соединенные Штаты Америки выплавляют пока больше нас. Но медленно растет там производство металла, а по временам вообще не растет, а падает. И нет сомнения, что уже в ближайшие годы Советская страна займет по производству металла первое место в мире.

Для этого у нас есть все возможности. Ведь наша Родина располагает 40 процентами разведанных железных руд мира; 38 млрд. тонн железных руд хранится в подземных кладовых природы на территории нашей страны. Это в 3,3 раза больше, чем запасы Англии, Франции и ФРГ, вместе взятых.

Есть и еще одна цифра, которую целесообразно напомнить для сравнения. В 1955 году весь капиталистический мир выплавил 202 млн. тонн стали. Это был высший достигнутый там уровень производства. Наша страна оставит в ходе грядущего двадцатилетия позади и эту цифру.

Вырастет в годы ближайшего двадцатилетия производство и дру-

гих металлов. «Особенно ускорится производство легких, цветных и редких металлов, намного увеличится выпуск алюминия...» — записано в новой Программе нашей Коммунистической партии.

Борьба за металл в нашей стране — это борьба за построение материально-технической базы коммунизма, борьба за повышение жизненного уровня народа, борьба за безопасность Родины.

В этой борьбе принимает участие весь народ, ибо нет сейчас в нашей стране человека, который не имел бы дела с металлом.

Да, в первую очередь доменщики и сталевары, горняки и рабочие металлургических заводов дают стране металл. От их труда, их смекалки, их мастерства зависит выплавка стали мартеновскими печами и выход редкого металла иридия в сложнейшем процессе разделения самородной платины. Совершенствуя производство, повышая производительность труда, изобретая и рационализируя, они поднимают все круче вверх кривую производства металлов в нашей стране.

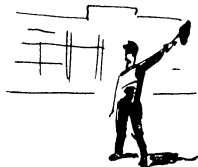
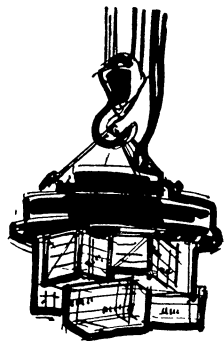
А рабочие машиностроительных заводов — разве их труд и изобретательность не могут сделать нашу Родину богаче металлом? Уменьшить потери в стружку, сократить допуск заготовки при ее кузнечной обработке — разве не больше металла пойдет в дело? Разве не получает страна за счет такой экономии лишние металлические изделия?

А разве шоферы и трактористы, электросварщики и линотиписты, представители буквально всех специальностей не могут принять участия во всенародной борьбе за металл? Лишние тысячи километров пробега автомашины, лишний сезон работы трактора, продление жизни станка, агрегата — это продление жизни металла. Сто тысяч километров — срок жизни автомобильного мотора до капитального ремонта. Если четыре водителя продлят его на 25 процентов каждый, это равноценно тому, что они выплавили металл, изготовили из него детали, собрали новый автомобильный мотор...

Я хочу, чтобы моя книга помогла в великой борьбе за металл.



„СВЕТЛЫЕ ТЕЛА,
КОТОРЫЕ
КОВАТЬ МОЖНО...”



Из глубокой древности пришла к нам эта легенда. Ей более трех тысяч лет.

Завершив сооружение великолепного иерусалимского храма, мудрый царь Соломон устроил пир, на который пригласил его строителей. Он решил оказать им высочайшие почести. Даже свой царский трон уступил он на этот пир лучшему из лучших, тому, кто особенно много сделал для сооружения храма.

Он сошел по покрытым пурпурным бархатом ступеням своего золотого, усыпанного драгоценными камнями трона и скромно встал среди каменщиков и плотников, чеканщиков серебра и резцов по кости. И в этот же миг из толпы быстро вышел какой-то человек, поднялся по ступеням и сел на освободившееся почетное место. Гневно нахмурилось лицо великого царя.

51
Sb
Сурьма
121,70

— Кто ты и по какому праву занял это место? — грозно спросил он.
Вместо ответа незнакомец властно протянул руку в сторону каменщиков и спросил их:

— Кто сделал ваши инструменты?

— Кузнец, — ответили те.

— А ваши? — Рука незнакомца протянулась к плотникам.

— Кузнец, — снова слышался ответ.

— А ваши?..

И все, к кому обращался этот странный человек, отвечали:

— Да, кузнецы выковали наши инструменты, которыми был построен храм.

И тогда он обратился к великому царю:

— Я кузнец. Разве не мне принадлежит право занимать это место,



Что ж, таков был уровень производства металла не только в Древней Руси.

уступленное сегодня тобой тому, государь, кто больше всех сделал для сооружения храма?

Так рассказывает старинная легенда. Ее глубокий смысл — в признании того, что основой основ являются металлы.

Но, может быть, это было справедливо тысячи лет назад и совершенно не соответствует действительности сегодняшнего дня?

Нет, и сегодня металлы — основной материал, с которым имеет дело человек.

Металлы — это и каркас высотного дома, и ажурная арка моста, соединившего берега великой реки, и обтекаемый корпус реактивного самолета, готового ко взлету, и узкое тело космической ракеты, ринувшейся на разведку соседней планеты. Металл — это фундамент современной цивилизации. И чем выше поднимается человечество по ступеням культуры, тем больше его нужда в металлах.

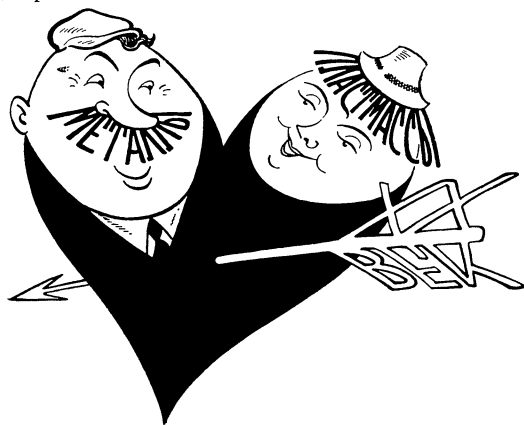
Всего полтора столетия назад, в начале XIX века, на каждого жителя нашей планеты добывалось в год меньше килограмма металлов. Миро-

вая выплавка железа в 1800 году, например, не достигала и 500 тысяч тонн. Люди жили в невысоких деревянных или каменных домах, ездили в деревянных каретах и бричках, обрабатывали землю деревянными сохами, ткали на деревянных ткацких станках.

Минувшие полтора столетия были периодом невиданного расцвета науки, техники и промышленности. Рельсы железных дорог густой сетью оплели обитаемые материки. Еще более густая сеть повисла над ними в воздухе — провода энергетических передач, линий телеграфной и телефонной связи.

Овеянные романтикой опасных и дерзких плаваний, но тихходные и небольшие деревянные суда уступили место стальным плавающим городам.

Автомобили, автобусы, троллейбусы вытеснили лошадей и мулов. В небо взлетели искусственные птицы, способные унести в стратосферу добрые полсотни тонн груза. Соху заменили многолемешные плуги, при-



В земной коре, образуемой шестнадцатикилометровым слоем горных пород, содержится:

алюминия	1.370.000.000 млрд. тонн
железа	775.000.000 млрд. тонн
меди	2.000.000 млрд. тонн
золота	93,5 млрд. тонн
радия	55,5 млн. тонн

За все время своего существования человечество взяло из этой природной сокровищницы:

только около 3 млрд. тонн железа

цепленные к тракторам, в стальных цилиндрах которых покорно работают целые табуны лошадиных сил. Деревянные станки можно увидеть только в исторических музеях. Человек забросил на Луну своего первого разведчика и сам уже совершил первые космические полеты.

И все это стало возможным благодаря тому, что производство металлов на каждого человека на Земле превысило полтораста килограммов, а общее количест-

во металла, содержащегося в машинах, сооружениях, постройках, достигло уже, вероятно, четырех миллиардов тонн, ибо именно металл был и остается основой технического прогресса человечества.

Ну, а в будущем? Не придется ли потесниться металлам, уступить часть позиций другим материалам, таким, как например пластические массы?

Искусственные материалы, эпоха которых только начинается, вероятно, в целом ряде случаев смогут превзойти сегодняшние металлы. Да, видимо, появятся пластмассовые автобусы и суда, пластмассовые самолеты и жилища. Но ведь будут совершенствоваться и металлы, ведь и они еще не открыли всех своих возможностей. И, бесспорно, будет расти и расти производство металлов и этим ростом будет определяться прогресс техники и производства.

Не надо противопоставлять металлы пластмассам, стальные канаты — капроновым шнурам. Они не исключают — они дополняют друг друга.

Там, где лучше и выгоднее металл, — место металлу. Там, где лучше и выгоднее искусственный материал, — да будет его место.

В науке, в технике, в промышленности, в многообразном хозяйстве будущего человечества найдется место всем материалам. И так же, как сегодня в металлических аппаратах рождаются на химических заводах пластические массы, так и в будущем будут крепкой дружбой дружить два основных вида материалов, с помощью которых воздвигает человечество величественное здание своей материальной культуры, — металлы и синтетические материалы.

Но сегодня металлы — основа основ технического прогресса, основа основ народного хозяйства нашей страны, фундамент материальной культуры всего человечества.

ВОСЕМЬДЕСЯТ БРАТЬЕВ

Древние римляне знали восемь металлов: золото, серебро, медь, олово, свинец, железо, ртуть и сурьму. В средние века были открыты цинк, висмут и мышьяк, однако их вместе с сурьмой обычно выделяли в специальную группу полуметаллов: они хуже ковались, а ковкость считалась основным признаком металла. Еще в 1763 году великий Ломоносов насчитал только шесть металлов. Кроме сурьмы, он исключил из их числа также ртуть, хотя именно он первый, изучая ее свойства в замороженном виде, доказал, что она обладает ковкостью. «Металлом называется светлое тело, которое ковать можно, — писал он в своей книге

«Первые основания металлургии или рудных дел». — Таких тел находим только шесть: золото, серебро, медь, олово, железо и свинец».

К концу XVIII века химики знали уже около двадцати металлов, а ко времени открытия Д. И. Менделеевым периодической системы элементов — почти пятьдесят.

Сегодня известно около восьмидесяти металлов. Среди них всем знакомые — железо, медь, алюминий, свинец, олово; драгоценные — золото, платина, серебро; полученные учеными искусственным путем, не существующие на земле — технеций, америций, кюрий; редкие — иттрий, лантан, лютеций, тулий, эрбий. Наверное, и названий некоторых из этой последней группы металлов многие никогда не слышали.

А что же такое металлы? По каким признакам можно отнести к этой группе то или иное вещество?

Ломоносов писал: «Металлы — тела твердые, ковкие, блестящие». Достаточно ли этого определения?

Оказывается, нет. Мы считаем ртуть металлом, и даже сомнений в этом никто никогда не выражает. А ведь она при комнатной температуре находится в жидком состоянии. Кристаллы йода блестят не хуже металлической сурьмы. А ковкость — пластичность — у многих металлов значительно хуже, чем, например, у белого фосфора — воскообразного мягкого вещества.

И все-таки металлами вещества называют в первую очередь по совокупности ряда общих характерных свойств. В частности, металлы обладают хорошей электропроводностью и теплопроводностью, блеском, пластичностью. Металлы ведут себя одинаково и в химических реакциях.

Но ведь свойства элементов определяются их внутренним строением. Значит, металлы имеют нечто общее в своей внутренней структуре.

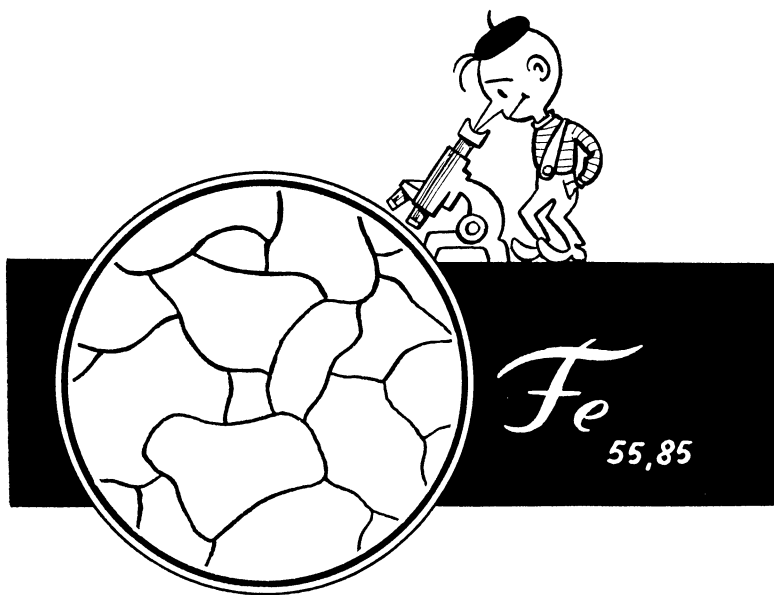
Попробуем заглянуть в глубь металла. Применим для этой цели микроскоп. Первым сделал это еще знаменитый русский металлург П. П. Аносов.

Впрочем, если мы возьмем обычный кусок металла, например лезвие перочинного ножа, и положим его под объектив микроскопа, мы просто ничего не увидим, кроме сверкающего кружка. Поверхность полированного металла отражает лучи во всех точках примерно одинаково. Чтобы увидеть внутреннее строение металла, надо полированную поверхность протравить слабым раствором кислоты. Неоднородные по своим химическим и физическим свойствам участки металла будут по-разному — в большей или меньшей степени — разъедены кислотой. И под микроскопом возникнет сложный рисунок.

Нелегко разобраться в этом рисунке — причудливых зигзагах светлых и темных полос. Однако ученые разобрались. И первый вывод, к которому они пришли, это то, что все металлы — вещества кристаллические.

Впрочем, в кристаллическом строении многих металлов можно убедиться и не прибегая к микроскопу. Многим, наверное, приходилось видеть свежий излом стального или чугунного изделия. Там, в неровностях его, обычно бывают отчетливо видны мелкие кристаллики.

Правда, при обычных условиях застывания металлы не успевают образовать больших, отчетливо оформленных кристаллов. В расплав-



Неожиданная картина: металл состоит из крупных, неправильной формы зерен.

ленном металле у стенок слитка при застывании в первые секунды образуется огромное количество крохотных ориентированных во все стороны кристалликов, которые при дальнейшем росте мешают друг другу, теснят друг друга, искажают форму. Затем, при дальнейшем остывании, растут направленные к центру столбчатые кристаллы. И в центре слитка возникает хаотическое нагромождение кристалликов. При дальнейших механических и термических обработках металла может происходить деформация кристаллов, перекристаллизация. Но всегда металлы в твердом виде остаются веществами кристаллическими.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ МЕНДЕЛЕЕВА

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
1	¹ H Водород 1.008																	² He Гелий 4.003
2	³ Li Литий 6.940	⁴ Be Бериллий 9.013	⁵ B Бор 10.82											⁶ C Углерод 12.010	⁷ N Азот 14.008	⁸ O Кислород 16.000	⁹ F Фтор 19.00	¹⁰ Ne Неон 20.183
3	¹¹ Na Натрий 22.997	¹² Mg Магний 24.32	¹³ Al Алюминий 26.97											¹⁴ Si Кремний 28.06	¹⁵ P Фосфор 30.98	¹⁶ S Сера 32.066	¹⁷ Cl Хлор 35.457	¹⁸ Ar Аргон 39.944
4	¹⁹ K Калий 39.096	²⁰ Ca Кальций 40.08	²¹ Sc Скандий 44.96	²² Ti Титан 47.90	²³ V Ванадий 50.94	²⁴ Cr Хром 52.01	²⁵ Mn Марганец 54.94	²⁶ Fe Железо 55.85	²⁷ Co Кобальт 58.93	²⁸ Ni Никель 58.69	²⁹ Cu Медь 63.55	³⁰ Zn Цинк 65.38	³¹ Ga Галлий 69.72	³² Ge Германий 72.64	³³ As Мышьяк 74.92	³⁴ Se Селен 78.96	³⁵ Br Бром 79.904	³⁶ Kr Криптон 83.74
5	³⁷ Rb Рубидий 85.47	³⁸ Sr Стронций 87.62	³⁹ Y Иттрий 88.91	⁴⁰ Zr Цирконий 91.22	⁴¹ Nb Ниобий 92.91	⁴² Mo Молибден 95.94	⁴³ Tc Технеций 98	⁴⁴ Ru Рутений 101.07	⁴⁵ Rh Родий 106.92	⁴⁶ Pd Палладий 106.42	⁴⁷ Ag Серебро 107.87	⁴⁸ Cd Кадмий 112.41	⁴⁹ In Индий 114.82	⁵⁰ Sn Олово 118.71	⁵¹ Sb Сурьма 121.76	⁵² Te Теллур 127.60	⁵³ I Йод 126.905	⁵⁴ Xe Ксенон 131.29
6	⁵⁵ Cs Цезий 132.91	⁵⁶ Ba Барий 137.33	⁵⁷ La Лантан 138.91	⁷² Hf Гафний 178.49	⁷³ Ta Тантал 180.95	⁷⁴ W Вольфрам 183.84	⁷⁵ Re Рений 186.21	⁷⁶ Os Осмий 190.23	⁷⁷ Ir Иридий 192.22	⁷⁸ Pt Платина 195.08	⁷⁹ Au Золото 196.97	⁸⁰ Hg Ртуть 200.59	⁸¹ Tl Таллий 204.38	⁸² Pb Свинец 207.2	⁸³ Bi Висмут 208.98	⁸⁴ Po Полоний 209	⁸⁵ At Астатин 210	⁸⁶ Rh Радон 222
7	⁸⁷ Fr Франций 223	⁸⁸ Ra Радий 226.025	⁸⁹ Ac Актиний 227	⁹⁰ Th Торий 232.038	⁹¹ Pa Протактиний 231	⁹² U Уран 238.029	⁹³ Np Нептуний 237	⁹⁴ Pu Плутоний 244	⁹⁵ Am Америций 243	⁹⁶ Cm Кюрий 247	⁹⁷ Bk Беркелий 247	⁹⁸ Cf Калифорний 251						

Но ведь и большинство твердых тел в природе имеет кристаллическое строение. Так что и этого свойства еще недостаточно для того, чтобы определить специфические свойства металлов.

Окончательно установить, в чем же те глубокие отличия металлов, которые определяют их общие свойства, удалось совсем недавно, в последние десятилетия. Это сделала новая наука — металлофизика, возникшая в 20-х годах этого века.

Металлофизики применили к изучению внутреннего строения металлов современные методы — рентгеновский структурный анализ, электронный микроскоп. Они заглянули в глубину металлического кристалла. И только после этого удалось составить более или менее полное представление о сущности металлического состояния вещества.

Оказалось, что все общие свойства металлов определяются наличием в этих телах легкоподвижных электронов, способных передвигаться между атомами металла и находиться в своеобразном полусвободном состоянии. Оказалось, что в кристаллах металлов на тех местах, где должны в кристаллической решетке находиться атомы, по существу располагаются положительно заряженные ионы этих атомов. А электроны, оторвавшиеся от атомов, являются «общими», принадлежат сразу нескольким атомам. Применяя несколько вольное сравнение, можно уподобить металлическую структуру вещества губке. Ее скелет соответствует в этом сравнении кристаллической решетке, образованной положительными ионами. А вода, заполняющая поры, могущая переходить из одной полости в другую, не связанная своими частицами с определенным положением в этой губке, будет электронным газом. Совершенно очевидно, что далеко не каждое вещество, а только те, у которых внешние электроны могут легко отделяться от атома, могут образовывать такие металлические структуры. Вот они-то и являются металлами.

Очевидно и другое. Могут быть условия, при которых электроны металлов не оторвутся от атомов и не станут общими. Вместе с тем и вещества, которые обычно не являются металлами, могут приобрести металлическую структуру. Это происходит, например, с фосфором, подвергнутым сильному давлению. Атомы в его кристаллах при этом сближаются, и часть электронов становится «общей».

...Было время, ученые считали, что под тонкой твердой коркой Земли находится гигантский океан расплавленной магмы. В настоящее время это представление оставлено наукой: ученым удалось заглянуть в глубины земного шара, изучить прохождение через вещество нашей планеты упругих колебаний, вызываемых землетрясениями.

Оказалось, что на глубине 2300 км резко изменяется характер вещества. Оно приобретает совершенно иные свойства — как раз те, которые характерны для металлов. И ученые решили, что ядро нашей планеты состоит из железа и никеля. Называли даже процентное содержание:

железа — 90,67 процента по весу, никеля — до 8,5 процента. Остальное относили на долю кобальта, фосфора, серы и некоторых других элементов.

Однако расчеты, проведенные в последние годы, показали, что в условиях чудовищных давлений, вызываемых тяжестью вышележащих слоев и превосходящих 1 500 000 атмосфер, атомы любого вещества так сближаются, что оно приобретает те самые «металлические» свойства, которые были обнаружены учеными.

И сегодня, говоря о ядре Земли, уже не считают его металлическим, а просто находящимся в своеобразном состоянии, вызываемом сверхвысоким давлением.

СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ

Когда вскоре после изобретения телескопа астрономы начали рассматривать планеты нашей солнечной системы, их поразило сходство этих небесных тел между собой и с Землей. Действительно, все планеты оказались шарообразными, оси вращения у всех наклонены к плоскостям орбит, у большинства удалось обнаружить атмосферу, а в ней нередко более или менее густые облака. И везде — смену времен года, смену дня и ночи.

Шли годы. Увеличивались знания о природе. И начало поражать различие между небесными телами.

Действительно, почему Венера покрыта столь густым покрывалом облаков, что сквозь него ни разу не удалось рассмотреть ее поверхность? Откуда взялись странные кольцевые горы Луны, подобных которым нет ни на одном небесном теле? Что за странные линии-каналы пересекают поверхность Марса — подобных им нет больше в природе? А почему только Сатурн опоясан волшебным диском кольца? И так далее и так далее...

Сегодня уже трудно сказать, чего больше — сходства или различия между девятью планетами солнечной системы.

И так же много различного между восемьюдесятью металлами.

Взять хотя бы такое свойство, как температура плавления.

Есть металл, который при тридцатиградусном морозе остается жидким. Он замерзает только в том случае, если температура опустится ниже — 38,9 градуса. Долгое время даже вообще не подозревали, что этот металл — ртуть — может находиться в твердом состоянии. Лишь в 1759 году петербургский академик И. А. Браун сумел заморозить ртуть, поместив ее в охлаждающую смесь из снега и концентрированной азотной кислоты.

Есть металл, слиток которого можно расплавить теплом ладони. Это цезий. Он плавится при 28,5 градуса.

Рубидий плавится при температуре в 39 градусов, натрий — при 97,9, олово — при 231,8, свинец — при 327, цинк — при 419 градусах. Все эти металлы можно расплавить в пламени газовой плиты.

Но есть металлы, которые расплавить не так-то просто. В течение многих веков люди не умели извлекать из руд железо в значительной степени потому, что не могли получить его температуры плавления — 1532 градусов.

И все же железо — не чемпион по тугоплавкости. Его более чем на тысячу градусов превосходят молибден, плавящийся только при 2600 градусах, и рений, который становится жидким только при температуре в 3 тысячи градусов. Это лишь вдвое ниже температуры поверхности Солнца.

Однако «красную майку чемпиона» по тугоплавкости получают не они. Она по праву принадлежит вольфраму, температура плавления которого равна 3410 градусам!

3450 градусов — таков диапазон между самым легкоплавким и самым тугоплавким металлами!

И все же, если заглянуть глубже, и в самом процессе плавления металлов есть нечто общее.

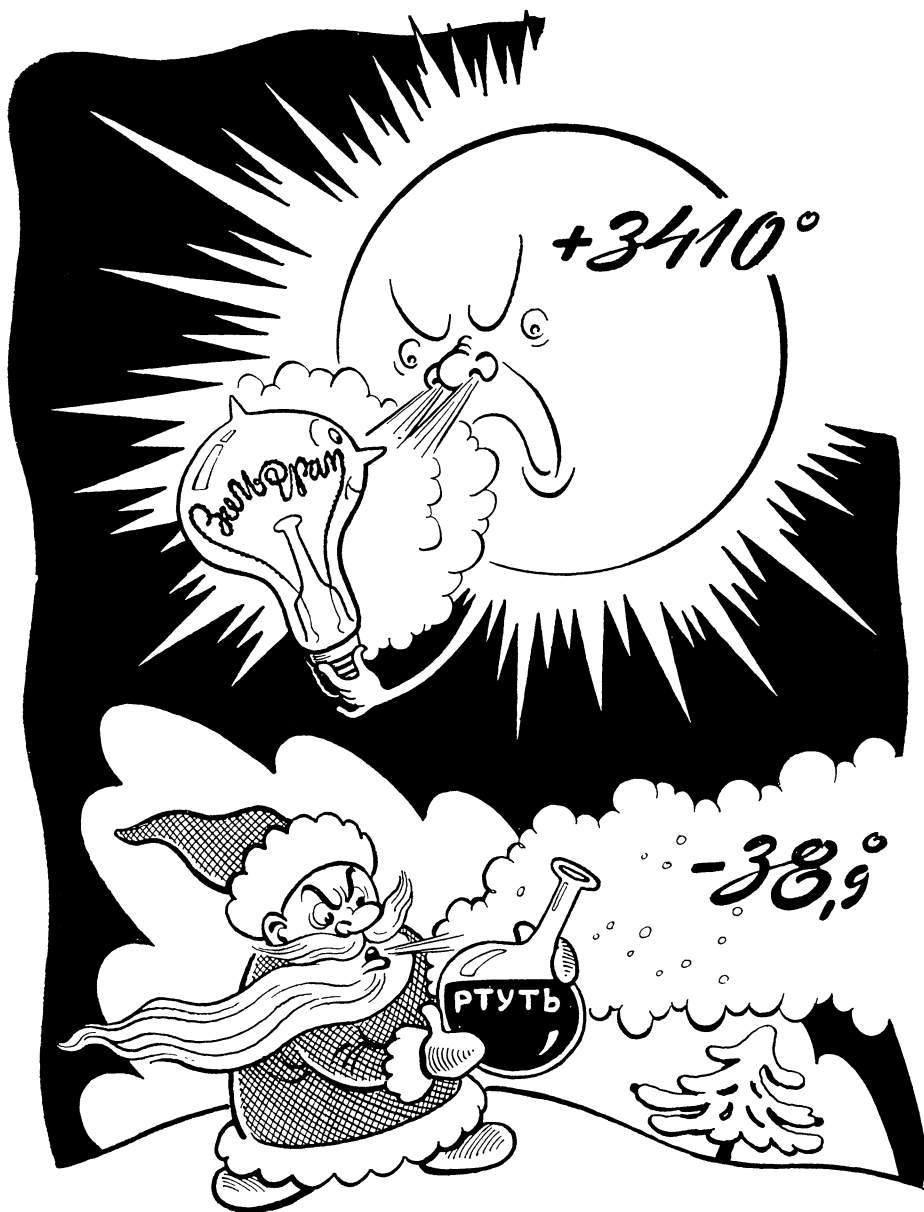
Во-первых, все они плавятся при строго определенной температуре — ведь они кристаллические тела. Аморфные тела — такие, как вар или стекло, — сначала при нагревании размягчаются и только потом плавятся, причем четкой границы между размягчением и плавлением у них не существует.

Во-вторых, они и в расплавленном виде сохраняют целый ряд общих свойств. И даже взаимное расположение атомов в расплавленном металле остается почти таким же, как и в твердом.

Ну, а другие свойства металлов? Близки ли по ним металлы друг другу?

Возьмем теплопроводность. Разогните канцелярскую скрепку и один ее конец поместите в пламя спички. Вы очень скоро почувствуете, что проволока и в том месте, за которое вы ее держите, нагрелась. Тепло прошло вдоль проволоки, но не прошло вдоль древка спички. Вы не почувствуете, что она стала теплее до тех пор, пока пламя не коснется ваших пальцев. Это значит: проволока хорошо проводит тепло, дерево — плохо.

В технике инженеры точно определили, сколько тепла проходит через метровой толщины стенку в час при разнице температур с разных сторон стенки в 1 градус. Ведь этим коэффициентом определяется и количество тепла, которое сможет получить вода от пламени топлива в паровом котле, и количество тепла, которое уйдет сквозь стенки дома в



Почти три с половиной тысячи градусов — таков перепад между температурами плавления самого тугоплавкого и самого легкоплавкого металлов.

зимние месяцы. Посмотрим и мы в таблицы коэффициентов теплопроводности различных веществ.

Максимальной теплопроводностью обладает серебро. Его коэффициент теплопроводности равен 360 единицам. Немногим уступает ему медь. Ее коэффициент теплопроводности достигает 335 единиц. Отличной теплопроводностью обладает золото — 269 единиц, алюминий — 180 единиц, вольфрам — 145 единиц.

Наименьшими теплопроводностями среди металлов обладают ртуть — 25 единиц, свинец — 30 единиц, сталь — 39 единиц.

А теперь посмотрим, какова теплопроводность других веществ, не металлов.

Наилучшей она оказывается у... льда! Да, теплопроводность льда — 1,9 единицы и гранита — 1,89 единицы.

В тринадцать раз ниже, чем у самого нетеплопроводного металла! А теплопроводность других материалов — бумаги, стекла, штукатурки, кирпича — еще в несколько раз ниже. Еще ниже теплопроводность газов. Так, теплопроводность азота — основной составляющей части нашей атмосферы — равна 0,02 единицы, а благородного газа ксенона — даже 0,004 единицы.

Легко догадаться теперь, почему батареи отопления, которые должны отдавать воздуху комнаты как можно больше тепла, делают из металла, а двери зимой обивают войлоком, почему не делают железобетонных паровых котлов и к щипцам для завивки волос приделывают деревянные ручки.

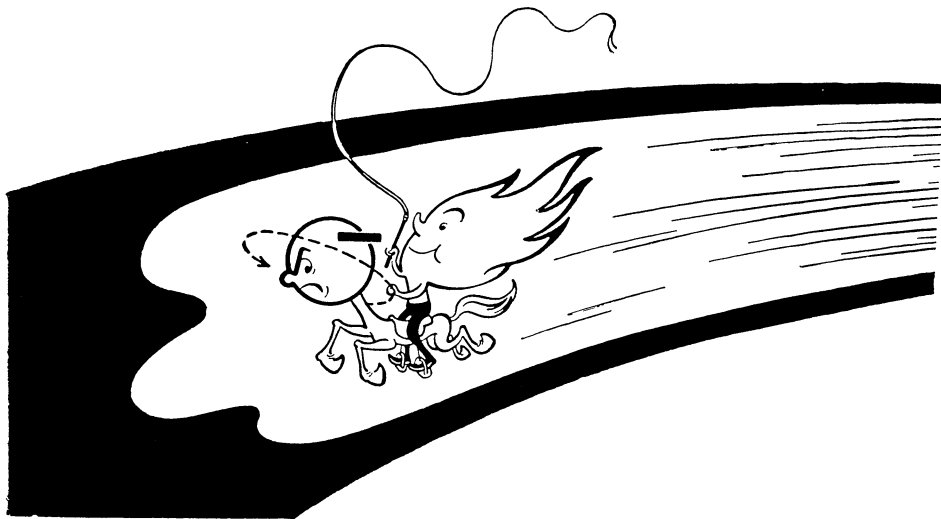
Что ж, с точки зрения наших сегодняшних представлений о внутреннем строении металлов, нам легко объяснить такую большую разницу в теплопроводности металлов и других веществ. Дело в том, что передача тепла в металлах осуществляется не только за счет колебаний атомов в кристаллической решетке, но и движением свободных электронов. Легкие электроны легче привести в движение, чем тяжелые атомы, к тому же привязанные к определенным точкам кристаллической решетки. Поэтому большая часть тепла переносится именно движением электронов.

Перечисляя общие свойства металлов, мы упоминали их хорошую электропроводность. Это значит, что они оказывают малое сопротивление проходящему сквозь них току.

Действительно, сопоставление показывает, что металлы обладают несравненно лучшей электропроводностью, чем неметаллы и разные сложные вещества. Лучше всех проводят электрический ток серебро и медь. За ними следуют золото, алюминий, вольфрам. Хуже — железо и ртуть.

Если расположить металлы по убывающей теплопроводности, то окажется, что и электропроводность их убывает почти в той же последовательности. Ведь электрический ток — это тоже движение электронов.

Чем чище металл, чем точнее, следовательно, его кристаллическая



Электрон — вот волшебный переносчик тепла в металлах!

решетка, тем лучше он проводит электрический ток. Наоборот, мельчайшие примеси или даже механическая обработка, искажающая кристаллическую решетку, например прокатка, уменьшают электропроводность. Ионы сходят со своих мест в кристаллической решетке и заслоняют пути электронам. Те сталкиваются с ионами, передают им часть своей энергии движения, вызывают их тепловые колебания. Металл нагревается: часть проходящей электрической энергии превращается в тепло.

Позволим привести такое достаточно вольное, но убедительное сравнение. Представьте широкую улицу, по сторонам которой стоит ровная шеренга домов, — это ионы в кристаллической решетке. По проезжей части мчится поток автомашин — это электроны. И вдруг некоторые дома выходят из общего строя и становятся прямо посередине улицы — это атомы примесей. Их приходится объезжать, скорость движения автомобилей при этом, конечно, снижается, то есть, если продолжить сравнение, уменьшается электропроводность металла.

Именно поэтому для проводов, кабелей, рубильников используют лучшую, чистейшую медь. После выплавки ее для этой цели еще подвергают электролитической очистке — буквально перебирают весь металл по одному атому. Такая медь называется электролитной. Она содержит не более 0,05 процента посторонних примесей.

Серебро еще лучший проводник, чем медь, но оно слишком дорого,

чтобы делать из него провода уличного освещения или пригородной электрички. Серебряные провода можно увидеть только в сверхточных лабораторных радиоприборах да на контактах ответственных переключателей тока.

Наоборот, там, где надо получить большое сопротивление, например для превращения электрического тока в тепловую энергию, вы найдете сплавы металлов — константан, нихром.

Чрезвычайно интересна зависимость электропроводности металлов от их температуры. Как правило, с повышением температуры сопротивление металла прохождению тока растет, с понижением — уменьшается. Это и понятно: повышение температуры связано с увеличением колебаний ионов в кристаллической решетке. И эти колебания, конечно, мешают движению электронов.

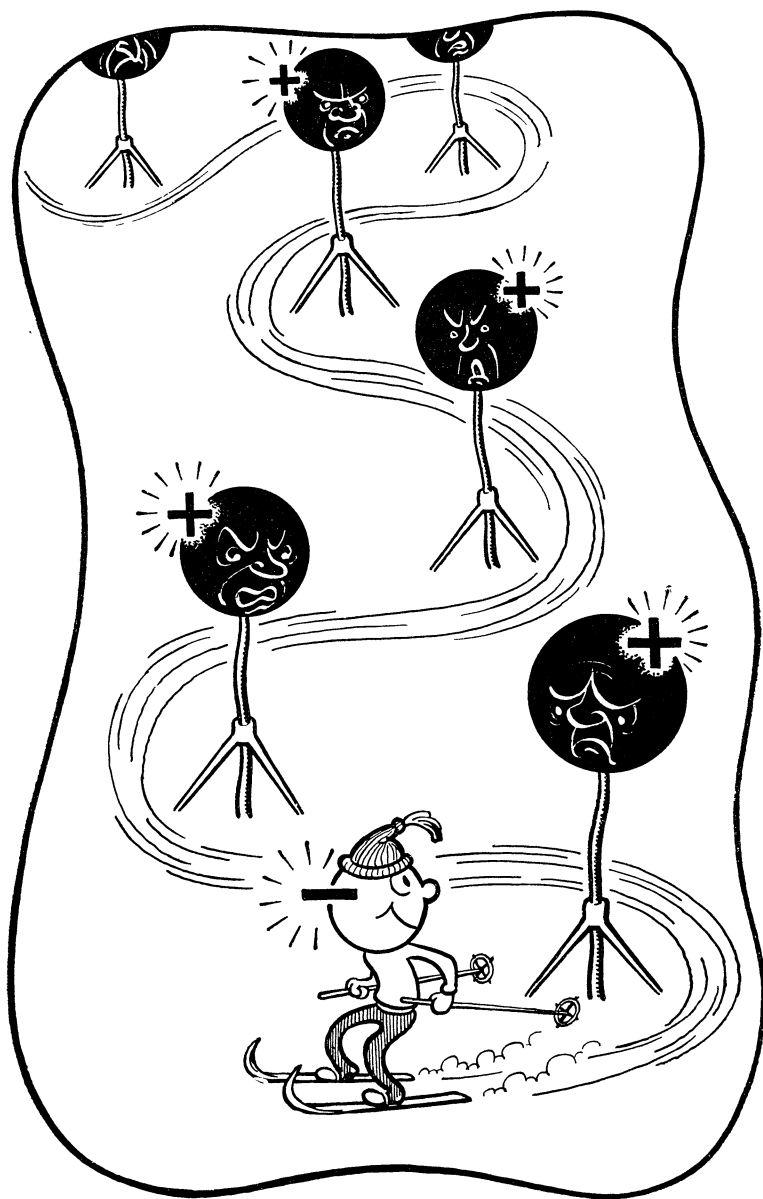
В нашем сравнении металлической структуры с проезжей улицей в этом случае надо сдвинуть с места дома и заставить их пританцовывать, выпрыгивая почти на середину улицы и впрыгивая тут же назад. Свободной для проезда остается только самая середина улицы, а по ее боковым сторонам проезд будет почти невозможен.

Все это было сравнительно легко понять. Но совершенно неожиданное явление открыли ученые, когда они перенесли свои опыты по определению электрического сопротивления металлов в область сверхнизких температур, близких к абсолютному нулю. Вероятно, всем известно, что абсолютный нуль — это максимально низкая возможная в природе температура, около — 273 градусов, когда совершенно прекращается тепловое движение молекул.

Впервые с этим явлением столкнулся еще в 1911 году известный голландский физик Г. Камерлинг-Оннес. Он исследовал электропроводность ртути при низких температурах. И вдруг, когда до абсолютного нуля осталось всего 4,12 градуса, сопротивление ртути упало до такой величины, что он не смог его обнаружить вовсе.

Камерлинг-Оннес улучшил электроизмерительную аппаратуру, тщательнее произвел опыт. Нет, опять ничего. Впечатление такое, словно электрическое сопротивление металла упало до нуля, исчезло совсем. Электрический ток, пущенный в кольцо из ртути, продолжал течь в нем неопределенно долгое время, не затухая. Так и не удалось ученому измерить величину сопротивления электрическому току при температурах, близких к абсолютному нулю. А это явление потери сопротивления назвали сверхпроводимостью.

В настоящее время сверхпроводимость обнаружена у двадцати трех чистых металлов, многих сплавов и химических соединений. Так, у алюминия она возникает при 1,14 градуса абсолютной температуры, у цинка — при 0,79, у свинца — при 7,26, у ванадия — при 4,3, у ниобия — даже при 9,22 градуса.



Электрону надо быть виртуозом-слаломистом, чтобы проскочить между атомами металла.

В течение долгого времени ученые не могли разгадать секрета сверхпроводимости. Только в самые последние годы советский ученый академик Николай Николаевич Боголюбов сумел объяснить это явление.

МАГНЕТИЗМ

Есть старая сказка.

Где-то в бескрайних дальях океана высится гигантская магнитная скала.

Ее притяжение ощущается на сотни километров. И горе судам, попавшим в зону ее притяжения. Они перестают слушаться руля и парусов и со все нарастающей скоростью устремляются к этой скале. Размотавшие свои цепи якоря, словно чудовищные постромки, летят, натянутые невидимой, но могучей силой, впереди корабля, увлекая его за собой. Соппротивление воды тормозит бег судна, и с лафетов слетают стальные пушки, отрываются листы железной обшивки, вылезают из своих гнезд гвозди. Словно чудовищные ядра и пули, со свистом улетают они вперед, увлеченные непреодолимым притяжением черной скалы.

День и ночь, сутки за сутками длится это плавание, похожее на полет.

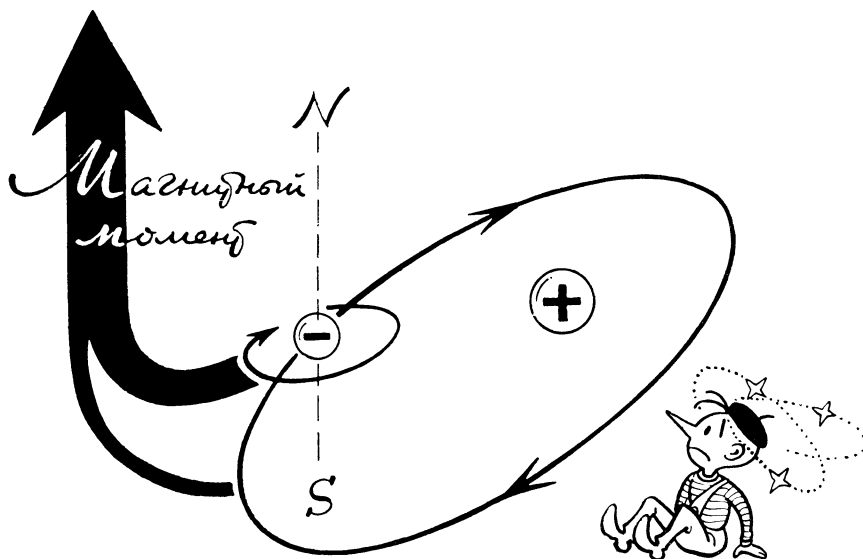
Лишенный всех металлических частей, рассыпается корабль, и гибнут моряки. Лишь немногие, уцепившись за металлические предметы, достигают таинственной магнитной скалы.

Она вся, как ель — иглами, покрыта щетиной металлических деталей. Ничего не растет на ее железной вершине. И без воды и пищи погибали «счастливицы», избегнувшие смерти в океане...

К счастью, такой скалы на земном шаре нет да и быть не может. Слишком уж из сильного магнита должна бы она состоять. Нет в природе и искусственным путем не получено магнита такой силы.

Но магнитные вещества, вещества, способные притягивать к себе железные и стальные предметы, в природе существуют — это невзрачный горный камень, называемый магнитным железняком. К куску его притягиваются гвозди, железные опилки, подковы.

Свойство магнитного железняка было известно в глубокой древности и вызывало величайшее изумление и восторг. Древний философ и поэт Лукреций Кар рассказывает о магнитных кольцах, свешивающихся со сводов храма и удерживаемых только взаимным притяжением. Чудесная сила магнитного притяжения привлекала и изобретателей вечных двигателей. Сколько хитроумнейших конструкций, в которых главная роль отводилась магнитам, было создано на протяжении многих веков! Но и эти конструкции вечного двигателя не избавили человечество от



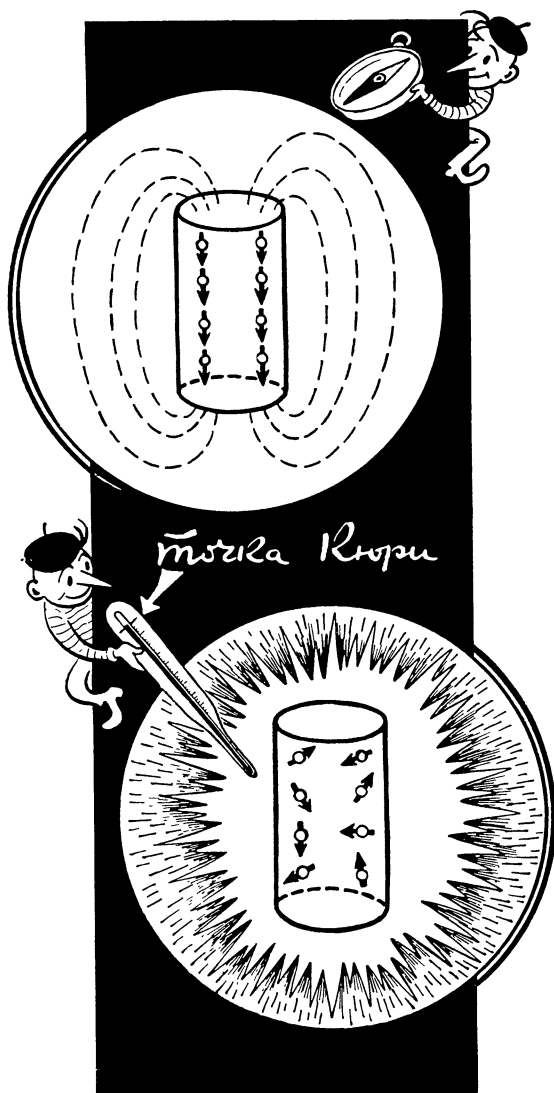
В самой сущности строения атома заключена загадка магнетизма.

необходимости строить водяные и воздушные мельницы, добывать уголь и нефть.

Магнитные свойства можно сообщить и некоторым другим телам. Если куском магнитного железняка потереть по стальной пластинке, она тоже намагнитится и будет сама притягивать металлические предметы. Приобретает она и другое свойство: если ее подвесить на шелковой нитке, она будет всегда поворачиваться одним концом на север, другим на юг.

Почти четыре тысячи лет назад китайские путешественники и полководцы пользовались специальными повозками, в которых поставлены были фигуры, всегда обращавшие простертые руки на юг и таким образом указывавшие путь в необозримых степях и бесконечных однообразных песчаных пустынях Азии. В III веке нашей эры китайцы использовали уже стальные пластинки, подвешенные на шелковой нити, — компас. И только где-то около XI или XII века этот прибор стал известен европейским народам. С тех пор его магнитная стрелка помогает морякам находить путь по синему зеркалу мирового океана.

Что же такое магнетизм? Все ли металлы обладают этим свойством? Да, все металлы способны намагничиваться в той или иной степени. Но сильно намагничиваются только четыре чистых металла — же-



Волшебная точка температуры. Выше нее металл перестает быть магнитным.

лезо, кобальт, никель и гадолиний. Последний принадлежит к группе редкоземельных элементов. В чистом виде его можно найти лишь в прекрасно оборудованных химических лабораториях.

Хорошо намагничиваются многие сплавы этих металлов, например сталь и чугун. Их называют ферромагнитными металлами и сплавами.

Значительно слабее намагничиваются алюминий, платина, хром, титан, марганец. Только очень чувствительные приборы позволяют установить, что они обладают магнитными свойствами. Их называют парамагнитными.

Чрезвычайно интересно ведет себя другая группа металлов: к ним относятся олово, свинец, медь, серебро, золото. Они намагничиваются тоже очень слабо, но к магниту не притягиваются, а наоборот, отталкиваются от него. Эти металлы называются диамагнитными.

Разница в электромагнитных свойствах разных веществ скрыта глубоко, в самой сердцевине металла, в его атоме.

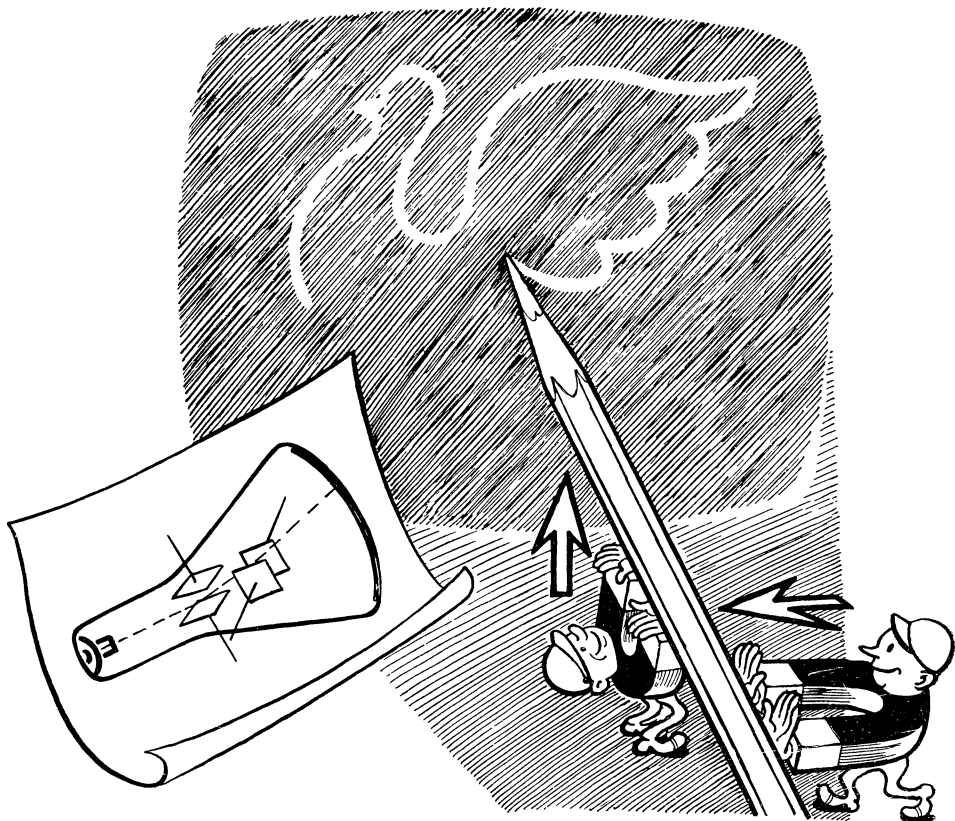
Еще в начале прошлого столетия выдающийся французский физик и математик Андре Мари Ам-

пер выдвинул гипотезу о том, что внутри железа существует огромное количество «круговых токов», «витков с током». Пока нет внешнего магнитного или электромагнитного поля, они расположены хаотически и создаваемые ими магнитные поля взаимно уничтожают друг друга. Однако, если влиянием постороннего магнитного поля сориентировать все эти элементарные витки в одном направлении, их магнитные поля сложатся, и железо станет магнитным.

Французский ученый, даже не подозревавший о внутреннем строении атома, как ни странно, оказался прав. Он в своей гипотезе исходил из простого знания того, что вокруг катушки, по которой протекает ток, возникает электромагнитное поле. Сегодня мы знаем, что электрический ток представляет собой поток электронов. Всякое движение электрона вызывает магнитное поле, в том числе и его вращение вокруг собственной оси. И в атоме, который представляет собой ядро, окруженное движущимися вокруг него электронами, существует целый ряд источников магнитного поля. Маг-



Магниты работают во многих механизмах и устройствах. В частности, это магнит рождает ультразвуковой луч эхолота.



Магниты управляют «грифелем» электронного «карандаша» в кинескопе.

нитными свойствами обладает и ядро атома, и каждый из его электронов, и движение электрона вокруг ядра также вызывает магнитное поле.

В диамагнитных телах магнитные поля электронов и ядра взаимно погашают друг друга, поэтому их атомы в целом не обладают магнитными свойствами. Когда же они оказываются в магнитном поле, они становятся крохотными магнитиками, причем северный полюс каждого такого диамагнитного атома становится прогив северного полюса вызвавшего его магнита и тело в целом отталкивается от магнита.

У парамагнитных и ферромагнитных материалов магнитные поля электронов и ядра, складываясь, усиливают друг друга. Каждый атом в них обладает магнитными свойствами. В парамагнитных материалах,

однако, тепловое движение атомов мешает им сориентироваться строго в одном направлении, и поэтому их общий магнетизм невелик.

В ферромагнитных материалах особые электрические силы обеспечивают одинаковую магнитную ориентацию целых участков кристаллов металла. Такие участки называют доменами. При намагничивании ферромагнита эти домены постепенно смещают свои полюса в одном направлении и тело приобретает сильные магнитные свойства.

Чем выше мы поднимаем температуру металла, тем меньшими становятся его магнитные свойства. Это и понятно: тепловое движение расшатывает атомы, разрушает их одинаковую магнитную ориентацию. И при какой-то температуре даже самый ферромагнитный материал теряет свои магнитные свойства. Температуры, при которых это происходит, называются точками Кюри. Они названы так в честь знаменитого французского ученого Пьера Кюри. Заметили ученые и еще одну закономерность. Многие ферромагнитные вещества при намагничивании не только изменяют свою величину и форму. Это явление назвали магнитострикцией. Обратное свойство — изменять величину намагниченности под действием механического давления — называется механострикцией.

Необходимо здесь отметить и еще одно — связь магнитного поля и поля, создаваемого текущим по проводнику электрическим током. Как удалось установить ученым, магнитное поле является частным случаем электромагнитного поля. Они тесно взаимно связаны. И с помощью электромагнитного поля можно намагнитить стальной стержень. Для этого надо его только поместить в электромагнитное поле. А пересекая магнитным полем проволочку, мы вызываем в ней электрический ток.

Мы не будем здесь углубляться в область электромагнетизма, ибо это очень далеко отвлечет нас от темы.

СЕМЬИ МЕТАЛЛОВ

В периодической системе элементов, составленной великим Менделеевым, каждому металлу отведено особое место. Каждый занимает отдельную клетку со своим собственным номером.

Периодическая система элементов Менделеева является лучшим путеводителем по миру металлов. К какой бы клетке в ней мы ни подошли, даже к жилищу самого редкого и тщательно скрываемого природой металла, мы уже по номеру его можем получить целый ряд сведений. Так же, как по номеру квартиры в паспортном столе можно узнать целый ряд сведений о ее обитателе: и год рождения, и национальность, и образование...

Мы будем часто обращаться за справками в «адресный стол» периодической системы элементов. Но для нас, интересующихся не столько

самими металлами, сколько тем, что они дают человеку и что смогут дать, вряд ли будет целесообразно рассматривать по очереди все металлы. И осмотр их мы поведем, начиная с более важных для современного человечества. Поэтому нам удобнее другие, не общепринятые в технике классификации, хотя и менее точные и строгие, чем в таблице Менделеева.

Прежде всего разделим металлы на две неравные группы — черные и цветные.

К черным металлам относится одно железо и его многочисленные сплавы. Действительно, деление явно неравное: один против семидесяти девяти. Но в человеческой культуре этот один металл играет, пожалуй, не меньшую роль, чем все остальные. Да вот лучшая иллюстрация: около 94 процентов по весу от веса всех добываемых на земном шаре металлов падает на железо. Убедительная цифра!

Отделив от могучего братства металлов черный металл, мы сделали огромное дело. Но нелегко разобраться и в оставшихся семидесяти девяти цветных металлах и их сплавах. (Кстати, они действительно цветные: голубовато-серый свинец, желтое золото, красная медь, белый никель и т. д. Но есть среди цветных металлов и значительно более темные, чем сталь. Название черные и цветные поэтому надо считать чисто условным.)

Обычно цветные металлы делят на две группы: тяжелые и легкие. В обеих группах есть и очень важные для человека металлы, и почти или совсем не используемые.

К тяжелым металлам относятся медь, никель, свинец, олово, цинк, хром, марганец и другие металлы, имеющие удельный вес более 5 г на куб. см.

К легким относятся тринадцать металлов. Среди них натрий, калий, бериллий, магний, кальций, стронций, алюминий, титан.

Помимо этого основного деления, цветные металлы нередко подразделяются и на более мелкие семейства. Так, из тяжелых металлов нередко выделяют группу благородных металлов. К ним относятся золото, серебро, платина, осмий, иридий, палладий, рутений и родий. Все эти металлы отличает большая химическая стойкость, они не окисляются, не ржавеют не только на воздухе, но и не растворяются при действии большинства кислот.

В специальное семейство нередко выделяют и рассеянные элементы — те, которые не образуют самостоятельных залежей руд, а рассеяны по всей земной коре. К ним относятся литий, рубидий, иттрий, цезий, германий, радий и многие другие. Эти металлы обычно добывают из руд других элементов, которым они в какой-то мере сопутствуют.

Выделяют в самостоятельные семейства редкоземельные элементы, радиоактивные металлы, заурановые металлы... Мы еще будем встре-

чаться с такими группами или семействами элементов, объединенных по какому-нибудь одному признаку или качеству.

В жизни мы почти не имеем дела с чистыми металлами. Значительно чаще нам приходится встречаться с их самыми различными сплавами. То, что мы называем железом, — это, как правило, сплавы железа с углеродом и многими другими веществами. Медь (если только это не проволока) — обычно или бронза или латунь, то есть сплав с оловом или цинком. Даже золото украшений обычно имеет примесь серебра или меди.

Это понятно: чистые металлы не только трудно получить, но и качества их в большинстве случаев оказываются менее полезными для нас, чем качества сплавов.

СПЛАВЫ

Смешайте гречневую крупу и рис. В этой смеси вы легко можете увидеть и отделить отдельные крупинки гречки и риса. Это — механическая смесь.

Возьмите щепотку обыкновенной поваренной соли. Химики давным-давно установили, что в ее состав входят два химических элемента — натрий и хлор. Однако и в самый сильный микроскоп вы не сможете различить и отделить частицы металла натрия и пузырьки газообразного элемента — хлора. Каждый атом хлора непременно связан в кристаллах поваренной соли с атомом натрия. Это — химическое соединение.

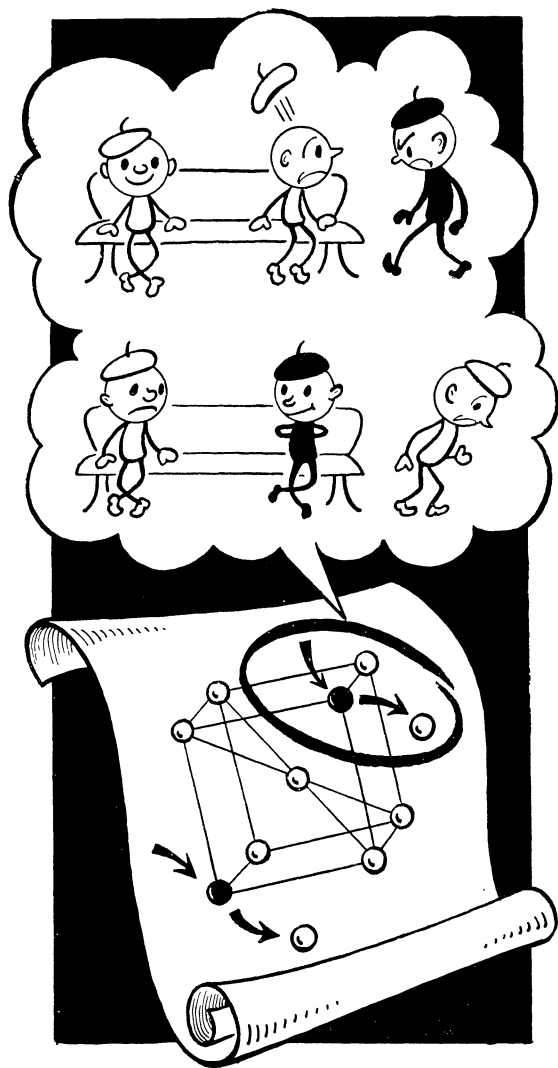
В стакан воды всыпьте ложку сахарного песка. Размешайте. Сахарный песок растает, даже намеков на присутствие в воде сахара не сможете вы заметить с помощью увеличительного стекла или микроскопа. Молекулы сахара затерялись среди молекул воды. Это — раствор.

А что же такое сплав?

Если вы зададите этот вопрос специалисту, он ответит вопросом же: — Какой конкретно сплав вы имеете в виду? Какие элементы и в каких количествах входят в него?

А в некоторых случаях он попросит еще уточнить, как был получен этот сплав. Ибо сплавы могут быть и механической смесью, и химическим соединением, и твердым раствором.

Металлурги брали сурьму и свинец, сливали два расплава и тщательно образом перемешивали. Сплав застывал. Ученые помещали под микроскоп кусочек сплава, и перед ними возникала мозаика крохотных кристаллов. Причем одни из них были образованы сурьмой, другие — свинцом. Типичная механическая смесь кристаллов двух металлов. Механические смеси образуются также при сплавлении алюминия с кремнием, висмута с кадмием и т. д.



Сплав замещения.

Ученые заметили, что, как правило, такие сплавы — механические смеси — при изменении процентного содержания входящих в них компонентов изменяют свою температуру плавления, причем она всегда ниже, чем температура самого тугоплавкого компонента. Сплав с таким процентным содержанием компонентов, при котором он имеет минимальную температуру плавления, называют эвтектическим.

Сплавы — механические смеси — очень широко применяются в технике. Ведь они состоят из кристалликов, имеющих разные физические свойства, и это позволяет получать, казалось бы, невысказанные обычно сочетания полезных качеств.

Возьмем, к примеру, широко распространенные антифрикционные подшипниковые сплавы, представляющие механическую смесь свинца, олова, меди и сурьмы. В мягкой, податливой основной массе свинца и олова располагаются твердые, износостойкие кристаллы сурьмы. Такое сочетание свойств обеспечивает дли-

тельную службу, хорошую прирабатываемость и малый коэффициент трения в подшипниках, залитых таким сплавом.

Многие металлы обладают неограниченной возможностью раство-

СЛОВНО ПОВИНУЯСЬ БЕСТОЩАДНОМУ ЗОВУ, УСТРЕМЛЯЛОСЬ СУДНО К МАГНИТНОЙ СКАЛЕ...



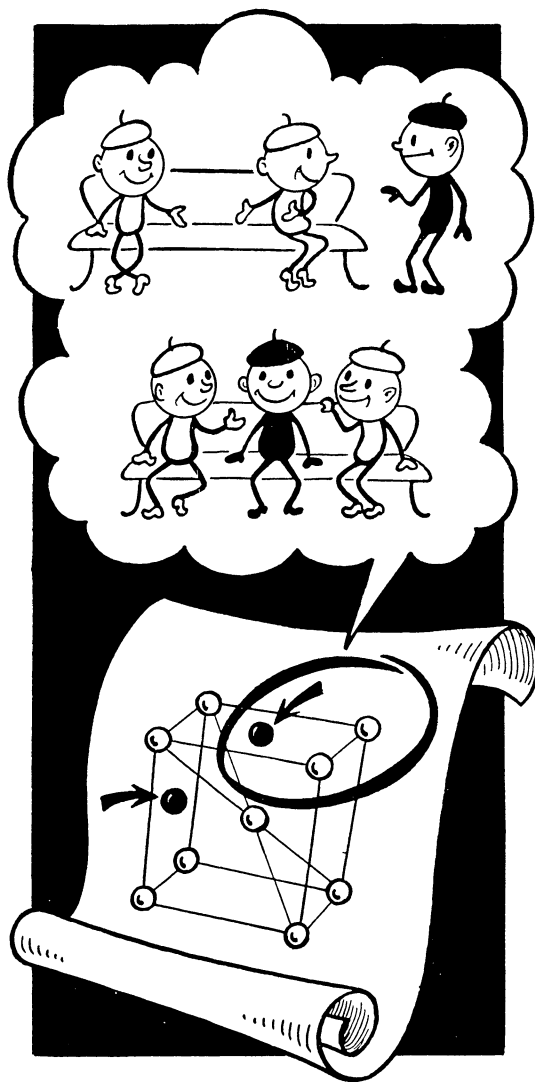
рения друг в друге. Так, в меди может быть растворено неограниченное количество никеля, в алюминии — магния. Однако нередко встречаются и сочетания металлов, обладающих весьма ограниченной растворимостью друг в друге. Так, свинец плохо растворяется в цинке. Если слить расплавленные цинк и свинец, то образуются два слоя: сверху — цинк с растворенным в нем свинцом, снизу — свинец, в котором растворен цинк.

Чтобы разобраться, в чем тут причина, заглянем в кристаллическую структуру сплавов.

Когда сплав находится в жидком состоянии, нам ясно: молекулы одного металла находятся между молекулами другого в хаотическом общем движении.

Но вот сплав застывает. Атомы начинают образовывать кристаллы. И оказывается, что в таком растворе атомы растворенного металла просто-напросто становятся на места атомов растворителя в образуемой ими кристаллической решетке.

Но так происходит только в тех случаях, когда величины атомов растворенного металла и металла-растворителя близки по размерам, не отличаются друг от друга диаметром, скажем, больше чем на



Сплав внедрения.

15 процентов. Такие сплавы и называют твердыми растворами замещения.

Таких сплавов современная металлургия знает множество. К ним относятся сплавы железа с хромом и никелем, кобальта с железом, меди с никелем.

Наши монеты, которые мы называем никелевыми, в действительности представляют собой раствор меди в никеле. Медь добавляется, чтобы монета меньше истиралась, изнашивалась. Медные монеты — тоже раствор, но уже алюминия в меди. Качество такого сплава также лучше, чем чистой меди.

В тех случаях, когда в металле со сравнительно крупными атомами растворяется вещество со значительно меньшими атомами, последние внедряются в кристаллическую решетку металла-растворителя на свободные места. Так же в ящике, в котором уложены крупные футбольные мячи, может между ними разместиться значительное количество крохотных мячиков для настольного тенниса. Такие сплавы называются растворами внедрения. К этому виду сплавов относится, например, сплав железа с азотом.

Иногда компоненты сплава вступают между собой в химическую реакцию. Таков, например, сплав вольфрама с углеродом. В этом сплаве возникает новое химическое вещество — кристаллы карбида вольфрама — со своими собственными и химическими и физическими свойствами. Оно образует с остальным металлом сплава механическую смесь.

Таким образом, один и тот же сплав может сочетать в себе и механическую смесь элементов и химическое соединение их — раствор друг в друге. Причем не только состав определяет ту или другую форму существования сплава, но и то, как происходила его кристаллизация, каким термическим обработкам он был подвергнут, и так далее.

Вот почему не сразу можно ответить на вопрос, что же такое представляют собой сплавы. Вот почему требуются дополнительные конкретные данные.

Сплавов, применяемых в технике и промышленности, сегодня огромное количество.

Мы уже говорили, что сплавами железа с углеродом является все то, что мы в обиходе называем железом, чугуном, сталью.

Бронзы — это сплавы меди с оловом, или алюминием, или свинцом.

Латуни — это сплавы меди с цинком.

Твердые сплавы, которыми токарно-скоростные станки режут металл, — также сплавы вольфрама, углерода, кобальта.

Спиралька вашей электроплитки — это тоже сплав никеля с хромом. И так далее и так далее.

Как и металлы, сплавы также объединяют нередко в своеобразные семейства. Так, существуют семейства легких, антифрикционных, маг-

нитных, проводниковых, типографских сплавов, сплавов с высоким электрическим сопротивлением... Со многими из них нам еще придется встречаться.

А теперь поговорим и о чистых металлах.

ИЗГНАНИЕ ПРИМЕСЕЙ

Что же они, дающие жизнь гигантским семействам сплавов, ничем и не могут быть полезны человеку в чистом виде? Если уже первобытные металлурги предпочитали сплав меди с оловом чистому меди и олову то, наверное, нам вообще не могут быть полезны чистые металлы?

Едва ли прошло больше пятнадцати лет с того времени, когда о сверхчистых металлах не имели понятия. Знали только технически чистые металлы, содержащие примесей не больше 0,5—0,05 процента, и химически чистые, не содержащие больше 0,001 процента примесей. Почти не учитывалось при оценке чистоты металла наличие растворенных в нем газов. Ученые едва догадывались о том, какое гигантское влияние могут оказывать на некоторые свойства веществ примеси, находящиеся в буквально микроскопических количествах, как изменяет качества металла растворенный в нем тот или иной газ.

Требования на сверхчистые металлы были выдвинуты развитием новых отраслей техники — атомной энергетикой, использованием полупроводников, производством жаропрочных материалов.

...Уран. Взрывается — физики говорят: расщепляется — его ядро. В разные стороны разлетаются два нейтрона — два снаряда, способных вызвать расщепление еще двух ядер урана, но... нейтроны попадают в ядра примесей — бора и лития и исчезают там, поглощенные этими ядрами. Реакция прекратилась.

— Нам нужен уран, — говорят инженеры, проектирующие атомные электростанции, — в котором примесь бора не превышала бы 0,000001 процента!

— Нам нужен германий, — требуют физики, работающие над созданием полупроводниковых приборов, — в котором примеси меди не достигали бы и 0,0000001 процента. Да и вообще примеси очень нежелательны. Надо, чтобы германия было в нашем германии не меньше 99,99999 процента!

«Семь девяток», — говорят о такой чистоте инженеры.

Сегодня такие сверхчистые металлы производятся уже в промышленных масштабах. И чем больше знакомятся с ними ученые и инженеры, тем больше открывают совершенно удивительных качеств. Оказывается,

что многие сверхчистые металлы обладают повышенной пластичностью, коррозионной стойкостью, жаропрочностью, электропроводностью. Сверхчистый алюминий мягок, как свинец. Освобожденный от примесей титан, который считали хрупким, прокатывается в листы и ленты. Оказалось, что даже самые неуловимые примеси в очень значительной мере ухудшают иные очень важные свойства металлов.

И началась борьба за чистый металл. Началась она в лабораториях и кабинетах ученых, затем перешла на опытные полупромышленные установки. А сегодня борьба за чистый металл идет уже в цехах заводов.

Техника сверхчистых металлов поставила целый ряд новых вопросов. Вот только один из них: как определить, какова чистота полученного металла? Химический анализ слишком груб для таких неуловимых количеств. Попытаться определить миллионную долю процента примеси в составе сверхчистого германия методами химического анализа — все равно что стараться выколоть левый глаз комару кухонным косарем. Даже спектральный анализ, поражавший некогда своей фантастической чувствительностью, отказывает, когда речь идет о «седьмой девятке». Пришлось разработать принципиально новые методы.

Делают, например, так. Полученный сверхчистый металл облучают нейтронами. Атомы примесей становятся радиоактивными и сообщают о себе. По величине этой радиоактивности и судят о количестве примесей.

Можно узнать количество примесей и по собственным свойствам германия. Если они удовлетворяют требованиям, значит, очистка произведена достаточно хорошо, значит, выдержано нужное количество «девяток» чистого металла.

И к каким только уловкам не прибегают, чтобы получить чистый металл!

Тщательнейшим образом очищают исходные материалы, ведут плавку в вакууме, стараются, чтобы расплавленный материал не соприкасался со стенками печи, с огнеупорными материалами... И так далее и тому подобное.

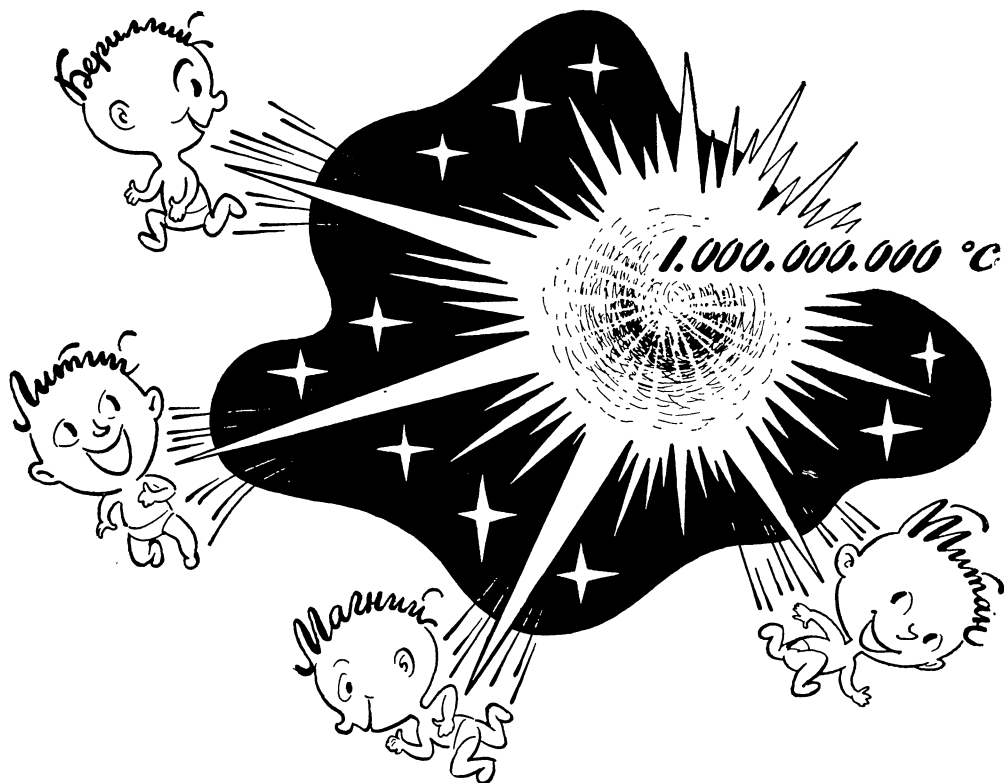
Существует и целый ряд специальных технологических процессов, применяемых для очистки металла.

Вот как, например, получают сверхчистые цирконий и титан.

Аппарат для этой цели представляет собой большой металлический бочонок, герметически закрываемый металлической же крышкой. Сквозь эту крышку внутрь бочонка проходят два провода и специальное устройство, с помощью которого можно разбить опускаемую в бочонок ампулу с йодом.

В аппарат загружают технически чистые титан или цирконий и наглухо закрывают крышку. Затем из аппарата откачивают весь воздух, создавая там разрежение в одну сотысячную атмосферного.

После этого ампулу с йодом разбивают. Агрессивнейший элемент —



Взрыв сверхновой звезды — это и есть момент рождения элементов.

йод — вступает в реакцию с очищаемым металлом, образуя химические вещества, называемые йодидами. Аппарат нагревают так, что йодиды начинают испаряться. Одновременно включают ток в провода, ведущие в аппарат. Они внутри аппарата соединены проволочкой из сверхчистого же металла, который предполагается получить. Эта проволочка накаляется электрическим током до температуры 1300—1400 градусов. При такой температуре йодиды разлагаются, чистый металл откладывается на поверхности проволочки, а газообразный йод может снова вступить в реакцию с новой порцией очищаемого металла.

Когда на проволочке осядет требуемое количество сверхчистого металла, аппарат охлаждают. Пары йода осаждаются на его стенках. Только после этого охлаждают и извлекают полученный сверхчистый металл.

Для получения сверхчистого германия применяют метод вытягивания кристаллов из раствора.

Суть метода в том, что обыкновенно примеси имеют свойство охотнее растворяться или в твердом, или в жидком металле. Таким образом, при кристаллизации металла они или выталкиваются из кристаллов и застывающая в последнюю очередь часть металла оказывается наиболее засорена ими, или, наоборот, втягиваются в образующиеся кристаллы и остающийся металл получается более чистым. Однако в обычных условиях сразу же вслед за кристаллизацией за счет диффузии происходит выравнивание процентного количества примесей по всему объему металла.

Используя это свойство для очистки металлов, надо обеспечить, во-первых, непрерывное удаление образующихся кристаллов, во-вторых, непрерывное перемешивание остающегося расплава.

Практически это делается так. В ванну с расплавленным технически чистым германием опускают кристалл германия, укрепленный на специальном стержне, и начинают его медленно извлекать. В результате из расплава медленно вытягивается столбик сверхчистого кремния, нарастающего на затравочный кристалл. Для перемешивания расплава, для непрерывного удаления из района кристаллизации выбрасываемых кристаллами примесей стержень вращают. Весь этот процесс идет в вакууме или в атмосфере нейтрального газа.

Конечно, здесь рассказано только о принципе метода. А в действительности дело значительно сложнее. Перед плавкой кремний, например, моют в воде, прошедшей дважды дистилляционный аппарат. Плавку ведут в атмосфере водорода. Но ведь и в нем могут оказаться примеси. И водород пропускают через активированный уголь. Его очистительная способность растет с понижением температуры. С этой целью уголь охлаждают жидким азотом. И еще тысячи и тысячи предосторожностей принимают, чтобы не попала к металлу хотя бы пылинка. Например, примесь меди к сверхчистому германию, превышающая 0,0000000001 процента, уже дает знать о себе. Эта примесь иногда возникает при добавке к сверхчистому германию улучшающей его качество сверхчистой сурьмы. А ведь и сурьмы к германию добавляют не больше 0,000001 процента!

СВЕРХЧИСТАЯ СУРЬМА

Встреча с сурьмой для меня всегда останется и встречей с людьми, которые ее добывают на окраине нашей страны, в самом сердце диких киргизских гор. Поэтому да простит мне читатель, что в строгий технический рассказ о сверхчистых металлах я позволю себе включить

несколько строк, рассказывающих о человеке, судьба которого, вся жизнь которого неразрывно связана с судьбой советской цветной металлургии, хотя имя его не вошло в энциклопедии и не воспето поэтами...

— Теперь я познакомлю вас с первым комсомольцем нашего комбината, — сказал сопровождающий нас инженер. — Это человек, жизнь которого могла бы стать сюжетом для повести о судьбе пролетариата нашей страны. Ничего ни приукрашивать, ни пропускать не пришлось бы.

Мы только что вернулись из рудника, штольня которого открывается в горе в нескольких десятках метров отсюда. Там добывают руду сурьмы — элемента, которым не так уж богата наша планета. Затем мы познакомились с ее обогащением — сначала дроблением, затем размолом в шаровых мельницах и отделением частиц руды сурьмы от других примесей. В этом цехе мы и встретились с Федором Тимофеевичем Александровым, которого нам представили как первого комсомольца комбината.

Еще несколько минут, и мы сидим в тесной комнатке дежурного инженера фабрики. Перед нами немолодой уже человек с тонким загорелым, как у всех здесь, лицом, но по-молодому живыми глазами. Он рассказывает историю своей удивительной и в то же время обычной для рабочего его поколения жизни.

Чего только не случилось с ним с 1931 года, когда с первой группой рабочих и инженеров пришел он сюда, в эту долину, стиснутую горами со всех сторон, для того, чтобы построить здесь завод и рудник!

— Больше четверти века прожито с тех пор, — говорит Александров, — а я еще и сейчас помню до малейших деталей первую встречу с этой горной долиной. Как и сегодня, гремела река, зеленели склоны гор, голубело небо, но не было ни единого строения на месте этого зеленого поселка.

Он показал рукой в окно, сквозь которое были видны двух- и трехэтажные здания, утонувшие в зелени улицы, и, конечно, неизбежный здесь фон — угрюмые горы.

— Жили в палатках и землянках. С оружием не расставались. Вы проехали сегодня место, где мы разгромили последнюю банду басмачей. Склоны гор были усыпаны трупами. Мы подобрали неплохую коллекцию английского оружия. Это было в 1933 году.

Еще несколько месяцев — и мы дали первый образец металла... О, каким примитивным способом!

Выплавляли его в глиняных горшках объемом всего по 3—5 килограммов, в печках, которые сами здесь и сложили. Потом начали строить обогатительную фабрику. Одновременно учились для того, чтобы суметь работать на этой фабрике, когда встанут ее корпуса и задвигаются рычаги машин. Три года — с 1935 по 1937 — заняли курсы спецподготовки без отрыва от производства. С 1938 года на этой же фаб-

рике меня назначили мастером — это должность, которую должен занимать инженер. А в 1942 году ушел добровольцем в армию.

Совсем недавно, кажется, кончилась война, и сразу же я вернулся сюда: соскучился без родной фабрики — неумоги! Впрочем, еще раз пришлось мне побывать после этого за границей. В 1952 году ездил из глухих киргизских гор в Чехословакию — помочь там овладеть технологией обогащения цветных металлов. В порядке товарищеской помощи между братскими странами...

И в эти годы, вместившие так много, росли на моих глазах рудник, обогатительная фабрика, металлургический завод. Сегодня это совершенные предприятия, оборудованные по последнему слову науки и техники...

Вместе с Александровым мы идем по цехам, которые проходит сурьма. Вот цех, где стоят рядами гигантские металлические баллоны. В них происходит выщелачивание сурьмы из руды. Процесс этот идет при температуре, близкой к температуре кипения воды. В цехе никого нет — все управление им осуществляется автоматически. А вот и пульт этого автоматического управления — совсем недавно установили его заводские рационализаторы. Нет, он не выглядит величественно, этот фанерный щит, в котором вмонтированы контрольные приборы и аппарат управления. Но он безотказно, отлично управляет аппаратами цеха.

В следующем цехе происходит отделение жидкости, в которой растворена сурьма, от твердой породы. Производится это с помощью огромных дисковых вращающихся фильтров. Это большие барабаны, внутренняя полость которых разделена на отдельные отсеки. В них может создаваться разрежение, вакуум. В этот вакуум и засасывается жидкость сквозь пористую стенку барабана.

— Есть здесь одна деталь, — сказал Александров, — о которой я не могу не рассказать вам. Вот видите эту трубку, разбрызгивающую струйку воды по поверхности фильтра, покрытой слоем пустой породы, так называемым кеком. Кажется, пустяк, незаметная деталька. Предложил ее установить двадцатисемилетний инженер Павел Байбиров. Это его рационализаторское предложение. Оно позволяет улучшить отделение жидкости, содержащей сурьму, от измельченной пустой породы и приносит тысячи рублей годовой экономии. Неплохо?

Из фильтров жидкость, содержащая в себе сурьму, поступает в электролизное отделение. В больших ваннах электрический ток отбирает из раствора атомы сурьмы и бережно откладывает на одном из электродов. Мы ожидали увидеть блестящие, словно отполированные металлические поверхности. Нет, электролизная сурьма оказалась хрупким, черно-коричневого цвета, похожим на застывшую лаву веществом. Его обивают на специальном станке — тоже творении рационализаторов завода — и отправляют на переплавку в отражательные печи.

Тельферы роняют черный поток руды в печь. В другой печи, рядом, тем временем плавят шлак специального состава. Приходит в движение лента литейного конвейера, состоящая из бесконечной цепи изложниц — металлических форм для отливки. В каждую изложницу сначала наливают некоторое количество шлака, а потом заполняют ее доверху огненно-жидкой сурьмой. Сурьма выжимает шлак, и он обволакивает весь слиток, предохраняя его от окисления при соприкосновении расплавленного металла с кислородом воздуха. Так он и сходит с конвейера — в «рубашке» из шлака. Рубашку эту снимают, скалывая стекловидный шлак, и вот перед нами сверкающий двадцатикилограммовый слиток драгоценного металла.

Сурьма... Древние мастера Вавилона еще пять тысяч лет тому назад изготавливали из этого металла сосуды и украшения. С тех пор люди научились использовать для этих целей другие, более подходящие металлы. Но и сегодняшняя техника не отказалась от сурьмы. Она содержится в типографском сплаве, которым были набраны эти строки. В бесчисленных машинах работают содержащие сурьму подшипники. Добавка сурьмы ко многим металлам увеличивает их твердость, предохраняет от окисления.

Применяются и разнообразнейшие химические соединения сурьмы с кислородом, хлором, серой и т. д. Во всем мире добыли в 1956 году 35—40 тысяч тонн сурьмы. Большая часть этого металла не отличается особенной чистотой.

Лишь в самые последние годы в связи с развитием физики полупроводников ученым и инженерам потребовалась сверхчистая сурьма. Такая, чтобы процент примесей имел первую значащую цифру за четвертым или пятым нулем после нуля целых, чтобы на десятки и сотни тысяч атомов сурьмы было не больше одного атома чужеродных примесей. Здесь, на заводе, в сердце Средней Азии, изготавливают и этот сверхчистый металл, который, казалось бы, может родиться только в идеальных условиях институтских лабораторий.

Чтобы получить сверхчистый металл, слитки сурьмы, получение которых мы уже видели, сжигают в электропечи. В специальном конденсаторе улавливают белый дисперсный порошок — двуокись сурьмы. Этот порошок промывают соляной кислотой, беспощадно поедающей все самые незначительные примеси. Затем порошок освобождают от остатков кислоты, промывая дистиллированной водой. Триста пятьдесят литров воды приходится затратить, чтобы «отмыть» от кислоты один килограмм белого порошка двуокиси!

А затем из очищенной двуокиси сурьмы снова получают в электропечах металлическую сурьму. И снова... сжигают ее. Еще раз промывают кислотой, дистиллированной водой, снова получают металлическую сурьму и снова сжигают. И так несколько раз.

Затем слитки сурьмы, тонкие и длинные, как карандаши, кладут в графитовые корытца — изложницы и помещают в кварцевую трубку.

Начинается плавка. Ведут ее в атмосфере аргона — благородного газа, не вступающего ни в какие реакции. Кольцевая электропечь медленно движется вдоль очищаемого слитка. Металл в том месте, над которым находится электропечь, плавится, а как только она передвинулась дальше, снова застывает.

— Есть такой физический закон, — пояснил инженер, — когда какое-нибудь вещество кристаллизуется из расплава, примеси остаются в жидкой фазе. Именно поэтому льды, покрывающие соленые полярные моря, не содержат в себе соли. И здесь, кристаллизуясь, металл оставляет все примеси в расплаве. С зоной расплавленного металла они и выбрасываются к одному концу слитка. Конечно, и этот процесс повторяют много раз подряд. В результате получается слиток, большая часть которого состоит из сверхчистой сурьмы и один конец засорен примесями. Этот конец отламывают и пускают на переплавку.

...Передо мной на столе лежит крохотный кусочек металлической сурьмы. У него резкие линии кристаллических изломов, сверкающие зеркальным блеском, словно полированные грани. Это память о людях с далеких киргизских гор, добывающих и получающих драгоценный металл физики и техники.

ВНЕ ТАБЛИЦЫ МЕНДЕЛЕЕВА

Когда великий Менделеев открыл периодический закон химических элементов и построил периодическую таблицу элементов, носящую его имя, еще целый ряд клеток оставался незаполненным. Ведь ему было известно всего шестьдесят три элемента.

Однако пустые клетки заполнялись довольно быстро. В 1875 году был открыт галлий; в 1879 году пришло сообщение о получении скандия; в 1886 году — о германии. Существование и свойства этих трех элементов были предсказаны русским ученым. Затем были обнаружены рений, франций, радий и другие, также предсказанные Менделеевым. Стали на свое место редкие земли, инертные газы... И пустых мест не осталось. Все девяносто две клетки оказались занятыми. Последним встал на свое место, в сорок третью клетку, технеций — элемент с неустойчивым ядром. Он был получен искусственным путем в 1937 году.

В последующие годы физики как будто задались целью продлить таблицу Менделеева дальше, в сторону все более тяжелых ядер. Были созданы в лабораториях элементы под номерами 93, 94, 95... Сегодня периодическая система заканчивается сто вторым элементом — nobelium, полученным в 1956 году.

Ну, а дальше? Возможно ли дальнейшее продолжение таблицы Менделеева? Не будут ли созданы в лабораториях искусственным путем новые металлы, обладатели удивительных свойств?

Большинство ученых считают, что ядра всех заурановых элементов неустойчивы и чем больше будет их ядерный номер, тем быстрее они будут распадаться. Однако некоторые ученые выдвигают и обратное предположение.

Дело в том, что неустойчивость атомных ядер не растет непрерывно с ростом порядкового числа элемента. Есть очень устойчивые ядра, построенные из определенного числа ядерных частиц — 20, 50, 82, 126... Мы только что говорили о технеции, который стоит далеко не в конце таблицы, но ядро которого крайне неустойчиво. Может быть, и за рядом неустойчивых заурановых элементов появится несколько устойчивых? Ведь не случаен ряд цифр особенно устойчивых ядер, который мы только что привели? Он, безусловно, выражает какую-то закономерность. И, может быть, к этому ряду прибавятся еще и еще цифры неизвестных сегодня ядер сверхтяжелых заурановых элементов...

Вряд ли можно сказать по этому поводу сегодня что-нибудь еще. Опыты или теоретические исследования рано или поздно ответят на поставленный вопрос. Во всяком случае сегодня пределы периодической таблицы в сторону заурановых элементов еще даже не нащупаны.

Ну, а в другую сторону, в сторону легких элементов?

Недавно советский писатель-фантаст В. Савченко опубликовал научно-фантастическую повесть «Черные звезды». Группа инженеров, героев этой повести, работает над созданием нового элемента — нейтрония, состоящего из одних нейтронов и занимающего самую первую клетку периодической системы. Этот элемент — его таки удалось получить — оказался совершенно удивительным веществом — с фантастическими прочностью, теплоемкостью, теплопроводностью, сопротивляемостью электрическому пробую и т. д.

Скажем сразу: даже если нейтроний и будет когда-нибудь получен, он не окажется обладателем этих удивительных свойств. Ведь нейтрон неустойчив. Средняя продолжительность его жизни в свободном состоянии лишь ненамного превосходит 12 минут. Какая уж тут сверхпрочность и сверхтеплостойкость!

Ну, а еще дальше вперед, к еще более легким элементам таблицы Менделеева? В область отрицательных порядковых номеров?

Да, и этот путь еще не пройден до конца. По мнению некоторых ученых, периодическая таблица Менделеева может быть продолжена и в область отрицательных порядковых номеров. Ведь всем элементарным частицам, из которых состоит вещество, соответствуют, как установили физики, античастицы. Из античастиц, утверждают ученые, могут быть созданы антиядра элементов с отрицательными зарядами и ан-

тиатома с положительными внешними вращающимися вокруг антиядер элементарными частицами. Из этих антиатомов и составятся кристаллы и молекулы антивещества. А в возможности существования антивещества большинство физиков сегодня уже просто не сомневаются.

Какими свойствами будут обладать металлы антивещества? Об этом можно только гадать.

Таковы возможности расширить круг известных нам сегодня восьмидесяти металлов. Как видите, эти возможности не очень велики. Вероятно, человек еще долго в своей практической жизни будет иметь дело только с этими восьмьюдесятью братьями. А заурановые металлы, и пресловутый нейтроний, и металлы антивещества еще долго останутся достоянием писателей-фантастов или в лучшем случае научных лабораторий.

Но если получение тех или иных неизвестных человеку металлов окажется возможным, не сомневайтесь, он их получит.

Человек! Он все сможет!

ХАРАКТЕРЫ И СУДЬБЫ

Металлы...

Передо мной периодическая таблица элементов, составленная великим русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым. Знаки металлов обведены в ней красным карандашом. Я смотрю на латинские буквы — их химические имена. Для меня сегодня они почти живые, каждый со своим своеобразным характером, со своей особой судьбой, своей ролью в жизни человека.

Мягкое желтое золото... Первый металл, который попал в руки человека. Где это произошло? На берегах медлительных китайских рек? В тропических лесах Африки? У черно-красных скал Атлантиды? А скорее всего и там, и там, и там. Везде, где был человек.

Самородное золото находили в каменистых перекатах рек, когда искали кремни для наконечников стрел и каменных топоров. Но золото не стало помощником человека. Ему нужен был стойкий и крепкий друг, на верность которого он мог бы положиться. А эта роль была не под силу мягкому податливому золоту. Ему выпала печальная участь скользить в жирных пальцах менял и банкиров, блистать досадными побрякушками на туалетных столиках молодящихся красавиц рядом с примочками и притираниями... Сегодня на золото возложена миссия служить международной валютой. Да и ученые нашли ему применение в своих лабораториях.

Никогда не было «золотого века» в истории человечества. Этот термин — выдумка обманщиков, пытавшихся увести в прошлое от мрака



Как добрые соседи живут металлы в клетках-домиках периодической системы.

и ужаса сегодняшнего дня. А счастливый для всех век — век коммунизма — будет, он уже начинается, мы сегодня своим трудом кладем камни в его фундамент. Но и он не принадлежит золоту, он — век умных, стойких, упорных металлов-работяг. Пусть умрет этот лживый термин — «золотой век»!

Звонкая бронза... Первый сплав, первый металл, верой и правдой послуживший человеку. Бронзовая кирка, бронзовая лопата, бронзовые топор и наконечник копья, бронзовый меч... Металл труда, металл сражений. Первый металл, давший свое имя целой эпохе в истории материальной культуры человечества.

Но бронза оказалась слишком слабым помощником. Она не смогла вытеснить из обихода человечества даже камень: бронзовые топоры существовали одновременно с каменными, бронзовый наконечник стрелы — одновременно с костяным. И когда человек овладел более стойким металлом — железом, бронза почти без боя сдала ему все свои позиции.

Железо!.. Нельзя без уважения произнести имя этого могучего металла. Опираясь на железную трость, встал человек и стал великаном.

По ступеням железной лестницы поднялся он на высоту своего сегодняшнего величия. Без помощи железа не смог бы он овладеть ни могучей силой огня и пара, ни тайнами превращений энергии, ни металлами сегодняшнего дня — алюминием и титаном. Без железа не смог бы человек ринуться и в тот прыжок в будущее, участниками которого являемся все мы, люди века неистового технического прогресса. Слава железу!

Историки не распространяют термина «железный век» на наше время. Они обрывают его где-то незадолго до нашей эры. Но еще и сегодня железо является основой материальной культуры. И еще не скоро уступит свои позиции. Слава железу!

Железо мне представляется могучим богатырем. Его трон среди плавающих печей и горнов, среди веселых молотобойцев и острых на слово умельцев-кузнецов. Отсюда, где рождались лемехи плугов и лезвия кос, цилиндры паровых машин и рельсы железных дорог, пушки воинов и гарпуны китоловов, распространяло оно свою власть над миром. Может быть, это немножко архаическая картина и сегодня королевские покои железа перенесены к доменным печам и прокатным станам — не спорю. Но сегодня железо не единственный властелин, а тогда у него еще не было конкурентов. Слава железу!

А вот и белый, покрытый матовой пленкой окисла алюминий. Такой вездесущий и такой недоступный металл. Его и получить-то в чистом виде сумели совсем недавно, лишь немногим более ста лет назад. И сразу же ему попытались навязать роль бесполезного металла драгоценных безделушек. Но ловкий работник, дерзкий любознатель, он не смирился с этой ролью. Пусть он уступает по силе железу, но ведь он превосходит его по легкости. Это он вместе с магнием сделал возможными самолет, космическую ракету, искусственный спутник Земли. Привыкшему тяжело ступать по земле железу были не под силу такие хитроумные выдумки. О, он еще покажет себя, этот юный дерзкий металл! Он хороший помощник — как раз по характеру современному человеку, любознательному, умному, лихому смельчаку.

Титан... Как удачно, словно по мерке, пришлось это имя, вслепую выбранное в святцах умершей мифологии! Металл, скромно стоявший в стороне, не лезший на первое место, не совавшийся со своими достоинствами куда надо и куда не надо. Бывает, приходит в класс новый учитель и на его вопросы тянется лес рук. Только один ученик сидит в стороне и по большей части молчит. «Наверное, мало знает», — думает учитель. Но настает его время отвечать у доски, и оказывается, что это он-то и есть лучший. Так было и с титаном. Лучшим оказался он среди своих восьмидесяти братьев. Соперником железа называют его сегодня. Что ж, у него все права стать главным металлом человечества!

Восемьдесят металлов. Восемьдесят судеб. Восемьдесят характеров.

Германий... Что знали об этом металле двадцать лет назад? А сего-

дня это основа близкого технического переворота в целых отраслях техники и промышленности.

Уран... Его добывали в мизерных количествах и использовали для производства высококачественных красок. Но вот открылась могучая сила, скрытая в ядрах его атомов. И сегодня с этим металлом связаны и надежды и опасения человечества, ибо он одинаково могуч и в труде и в убийстве. И надо общими усилиями всех народов уготовить ему мирную судьбу труженика и работника, а не убийцы. Надо, чтобы он стал металлом энергетики, а не атомной войны.

Новые и новые металлы... Что из того, что не все из них дали или дают свое имя эпохам человеческой истории, что вклад иных не так уж велик? Почти все из них уже служат человеку. И, кто знает, может быть, не алюминию и магнию, не титану и цирконию, не урану и германию, а еще каким-нибудь из самых скромных металлов выпадет на долю больше всего открыть человечеству!

Металлы... Это не только блестящие кристаллы с тем или иным набором свойств. Это труд ученых, в пламени горнов и незримых разрядах электролизных ванн впервые получавших эти металлы. Это труд людей, стоящих у доменных и медеплавильных печей, работающих в рудных забоях и цехах обогатительных фабрик. Это труд и тех, кто превращает слитки металла в умные вещи, служащие нам дома, на улице, на работе. Судьба скольких людей связана с судьбой металла!

Но металл — еще больше. Металл — это судьбы народов, стран, континентов. Коренные жители Америки, знавшие только камень и бронзу,

По современным представлениям, в веществе Вселенной на миллион атомов кремния приходится атомов:

водорода	40.000.000.000
гелия	1.000.000.000
углерода	10.000.000
кислорода	8.000.000
алюминия	3.000.000
магния	1.000.000
кремния	1.000.000
железа	950.000
меди, лития,	
свинца, бериллия	100
ртути	0,05
золота	0,02

Таким образом, основную подавляющую массу вещества Вселенной составляют водород и гелий. Вместе с тем астрофизикам известны звезды, в химическом составе которых содержится значительно больше, чем в среднем во Вселенной, или лития, или бария, или титана, или циркония и т. д.

что они могли противопоставить закованным в железную броню завоевателям? Африканцы узнали железо раньше европейцев, но они не продвинулись по пути покорения его дальше примитивного горна. И века томится Черный материк под чугунной пятой колонизаторов. Первая мировая война, охватившая весь земной шар, стоившая жизни многим миллионам людей, вспыхнула, в основном, из-за железных руд Лотарингии. Кому владеть ими, капиталистам Германии или банкирам Франции? — вот какой вопрос решался железом и кровью на фронтах сражений.

Металл — это основа народного хозяйства и нашей страны. «Прежде всего надо сказать о развитии **черной и цветной металлургии**», — начал конкретный разговор о цифрах семилетнего плана по отдельным отраслям Никита Сергеевич Хрущев. Металл — это тракторы и комбайны на полях нашей страны, а это сегодня первооснова и хлеба и мяса. Металл — это буровые вышки нефтепромыслов, это паровые и гидравлические турбины, это провода высоковольтных линий, а значит, это энергия нашей страны. Металл — это тепловоз и бесконечные нити рельсов под ним, это стремительный самолет и космическая ракета, заглянувшая за Луну. Это тонкая схема телевизионного приемника и смелый пролет прыгнувшего через пропасть моста, неутомимый механизм ваших наручных часов и могучий блюминг. И, наконец, металл — это оружие. Это безопасность наших границ, это гарантия мира на Земле.

Из всего бесконечного разнообразия вопросов, связанных с металлом, здесь мы будем говорить о том, как человек добывает металлы, как использует их для своих нужд, о том, как он покорил металлы и властвует над ними. Ибо это книга о технике.





ИЗ ЩЕДРЫХ НЕДР ПЛАНЕТЫ



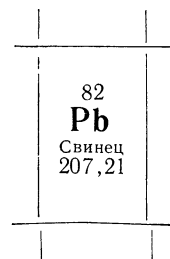
Б урые овальные камни, похожие на застывшие пузыри грязной пены. Гидрогетит — одна из руд железа...
Темно-серая, с фиолетовым отливом тяжелая глыба, поблескивающая на свежем изломе металлическим блеском. Галенит — руда свинца...

Красные, словно покрытые запекшейся кровью, осколки горной породы. Киноварь — руда ртути...

Желтые, похожие на серу прожилки в граните. Продукты окисления уранинита — руды урана...

Темно-зеленые, словно пушистые, камни. Малахит — медная руда...

Зеленые, голубые, цвета морской воды прозрачные кристаллы, сросшиеся у основания в зернистую бело-зеленую массу. Это аквамарин, одна из разновидностей берилла — единственной руды бериллия...



Руды металлов. Драгоценные клады Земли.

Они, пожалуй, еще разнообразнее, чем сами металлы. В погоне за ними человек поднялся к вершинам гор и прорубил в глубины Земли километровой глубины шахты. Он построил города в пустынях и тропических джунглях только потому, что в этих местах природа схоронила один из своих кладов. Да разве недра Земли — единственный источник, из которого берет металлы человек? Нет, хотя и главный, но не единственный. Он ловит их в горячей воде гейзеров и вырабатывает из водорослей, получает из морской воды и достает с океанского дна. Он бы и из воздуха брал их, если бы в воздухе были металлы. И с каким трудом иногда даются человеку металлы!

Да, природа не приготовила людям чистых металлов, хорошо подобранных сплавов. Булки никогда не росли на деревьях. Своей острой

мыслью провидит человек в каменных глыбах гор и под покровами цветущих трав, в россыпях быстрых рек и на дне морском эти скрытые сокровищницы. Трудом своих рук он вскрывает каменистые недра и входит в кладовые природы. Но нередко долгим и сложным бывает путь от рудника или карьера до металла. И даже не до металла, а только до того концентрата руды, из которой будет потом выплавлен металл.

Луч рождается из пламени, металл — из руды. Нельзя, говоря о металле, забыть о руде.

РОЖДЕНИЕ РУД

...Началось все с разогревания земного шара, образовавшегося, по гипотезе О. Ю. Шмидта, из газовой-пылевой облака. Ведь в составе его пород были радиоактивные вещества — уран, радий, торий. Выделяемая ими энергия в недрах планеты превращалась в тепловую. Там, где радиоактивных элементов было особенно много, образовывались подземные озера расплавленных горных пород. Тепловые расширения, перемещения отдельных участков и пластов в недрах Земли вызывали изменения и ее поверхности. На ней вставали горы (от них и следов не осталось сегодня), образовывались впадины, извергались вулканы, возникали, гибли, смещались гигантские континенты. Это была бурная молодость планеты. Ведь в ее недрах было значительно больше радиоактивных веществ, чем сегодня. По подсчетам академика В. Г. Хлопина, даже 2—2,5 млрд. лет назад общее количество радиоактивных веществ в составе нашей планеты в три-четыре раза превосходило сегодняшнее.

Магма подземных озер содержит в себе все химические элементы, из которых состоит земная кора. Правда, состав магмы в разных местах различен. Мы говорим о ее среднем составе. Из этих-то очагов магмы и родились многие руды металлов.

...Извержение вулкана. Черная туча паров, дыма и пепла закрыла небо. Огненное зарево пылает над вершиной горы. Непрерывный грохот содрогает воздух. Дрожит под ногами почва. И вдруг огненный поток изливается из жерла вулкана. Он сбегает по склону, сжигая все живое. Это лава.

На ней стремительно образуется твердая корка. Но поток не иссякает. Твердая корка взламывается, ее куски поглощаются массой лавы. Так происходит ее неоднократное перемешивание, прежде чем она не застынет окончательно темно-серым или черным потоком.

Да, в лаве содержатся все те металлы, в которых так нуждается человек. Но ведь точно так же все эти элементы содержатся и в граните и в базальте... Непрерывное перемешивание и быстрое охлаждение

лавы, изверженной вулканами, мешает содержащимся в ней металлам перегруппироваться и выделиться. Поэтому такие лавы редко бывают источниками рудных месторождений.

Но магме подземных озер не всегда удавалось прорваться на поверхность земной коры. Очень часто ее прорыв останавливался на половине и ее гигантское внедрение, не сумевшее прорваться наружу, начинало застывать внутри земной коры, в окружении твердых холодных пород. Такие застывания магмы длятся столетиями и тысячелетиями. И вот из них-то и образовалась большая часть рудных месторождений.

Из жидкого расплава выделяются при его охлаждении сернистые соединения железа, никеля и меди. Они тяжелее оставшейся жидкой массы и поэтому медленно оседают на дно. Из них-то и образовались многие из известных сегодня залежей никелевых и медных руд.

Медленно остывает магма, и все новые составные части ее кристаллизуются и уходят из расплава. И вот твердеет ее основная масса, но еще остались в ней жидкие части. Их выжимает из твердой породы к периферии, в трещины в земной коре, образовавшиеся в ре-

Родная планета Земля богата нужными человеку элементами, в том числе и металлами. Так, в среднем по весу земная кора содержит:

кислорода	49,1%
кремния	26,0%
алюминия	7,5%
железа	4,2%
кальция	3,3%
натрия	2,4%
магния и калия по	2,3%

Водорода, составляющего основную массу вещества Вселенной, в земной коре содержится лишь около 1 процента. Но она включает в свой состав важных для техники металлов:

титана	0,5%
марганца	0,1%
циркония	0,03%
стронция, ванадия, хрома и никеля по	0,02%
лития, бериллия и меди по	0,01%

Остальных металлов в земной коре еще меньше. Так, например:

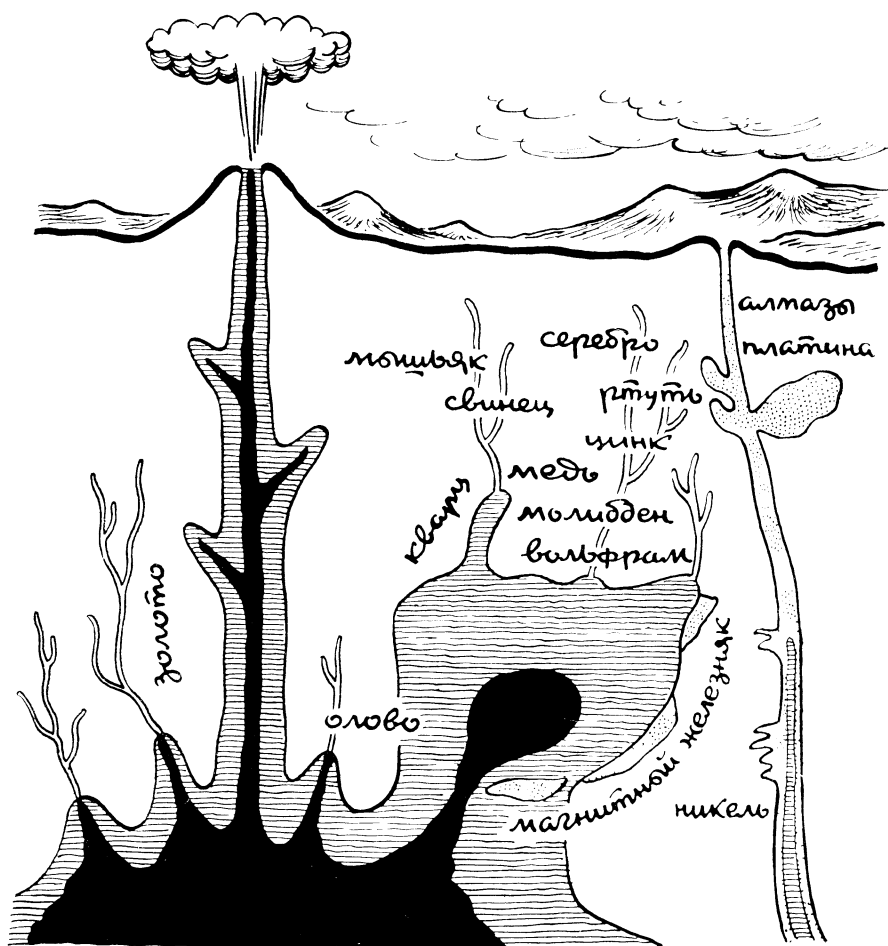
кобальта	0,003%
свинца	0,0016%
цинка	0,005%
олова	0,004%

Металлов атомной энергетики в земной коре:

тория	0,0008%
урана	0,0003%

Еще меньше драгоценных металлов:

серебра	0,00001%
золота	0,0000005%
платины	0,0000005%



Магма — праматерь металлов.

зультате могучего натиска подземных сил. В этих трещинах они и кристаллизуются, образуя рудные жилы титана, хрома, железа...

По мере остывания магмы из этого расплава выделяется и огромное количество еще более проникающих паров и газов. При остывании из них вырастают кристаллы самых различных драгоценных и поделочных камней — от горного хрусталя до изумрудов, соперничающих це-

ной с алмазами. Такие жилы застывших в трещинах горных пород элементов называют пегматитовыми жилами. Они дают не только драгоценные камни, но и руды редких и ценных металлов — бериллия, ниобия, тантала, лития и церия.

Еще сложнее картина образования руд в местах контактов застывающей магмы с окружающими породами. Они частично растворяются в магме, вступают с ней в химическое взаимодействие. Обычно на местах таких контактов образуются железорудные месторождения, а также руды вольфрама, висмута, меди, золота.

Во время остывания из магмы выделяется огромное количество газов и паров воды. В них содержатся в растворенном виде самые разнообразные элементы. Прорвавшись в трещины в горных породах, водяные пары и газы конденсируются и из этих жидкостей выделяются растворенные вещества. Образовавшиеся таким образом рудные месторождения называются гидротермальными.

Какие только металлы не встречаются в рудах гидротермального происхождения! Олово, вольфрам, молибден, литий, мышьяк, висмут, серебро, медь, цинк, свинец, кобальт, никель, железо, ртуть, сурьма... Всех и не перечислишь!

Конечно, здесь мы привели только самую общую схему рождения руд при внедрении в породы земной коры магмы. Процессы эти значительно разнообразнее и сложнее. Они протекают по-разному в зависимости от состава магмы, и от состава окружающих пород, и от скорости остывания огненного озера, наличия трещин в земных пластах, их направления, величины и т. д.

Но вот магма застыла. Миллионы лет могут ожидать подземные сокровища своего часа, когда найдет их человек. Но могут ворваться в образовавшиеся сокровищницы и слепые силы природы и разрушить или, наоборот, еще обогатить их.

Земная кора никогда не была неподвижной. С вершин высочайших гор альпинисты приносили образцы слагающих их пород. И очень часто оказывалось, что это осадочные породы, образовавшиеся на морском дне. И каменные волны Карпат, и гордые скалы Кавказа, и вакханалия киргизских и туркменских гор сравнительно недавно — всего около 100 млн. лет назад — были дном моря.

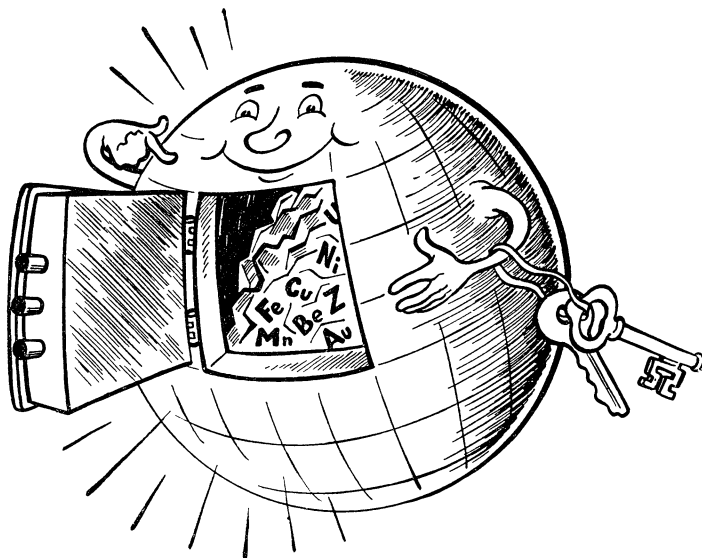
Движения земной коры могут опустить рудные жилы в такие глубины Земли, которые еще не доступны сегодня человеку. И сколько, наверное, драгоценнейших кладов ждет там, на глубине трех, пяти, семи километров, прихода властелинов Земли, людей, которые смогут взять их.

Многие рудные месторождения, наоборот, поднялись на поверхность Земли и попали во власть других сил.

Поверхность нашей планеты... Над ней бушует ветрами воздуш-

ный океан. Ее обжигает лучами Солнце, поливают дожди. Она охлаждается ночью и замерзает зимой. По ней текут реки, растворяя в себе различные вещества и унося их в море. Она претерпевает смену климатов и нашествия морей.

Во власти всех этих стихий природы и оказываются поднявшиеся на поверхность Земли рудные месторождения. Их может выветрить



Они ждут тебя, искатель, клады родной планеты!

и в виде мелкой пыли перенести на тысячи километров в сторону ветер. Их могут растворить волны пришедшего моря. Стремительная река может разбить окружающую породу и образовать россыпи золота, платины, алмазов — всех тех веществ, которые проявят большую стойкость.

Но действующие на поверхности Земли силы могут не только разрушать, но и создавать новые месторождения металлов. Залежи металлов имеются не только среди вулканических пород, но и среди пород осадочных. На дне озер и болот оседают окислы железа, образуя залежи железной руды. Мел и известняк — соль металла кальция — образовались из морских отложений. Целые горы этих минералов известны на территории нашей страны.

Уральские бокситы, руда алюминия, — это отложения девонских морей.

...Как немного из металлических богатств планеты использует сегодня человек!

Прежде всего лишь на поверхности суши сооружает он сегодня свои рудники, карьеры для добычи руд. А ведь суша — это меньше трети поверхности нашей планеты. Более двух третей ее покрыто голубым зеркалом океана. Но еще по существу и не началось использование рудных сокровищ морского дна.

Да и поверхность суши далеко не всю изучил человек. В скольких горных долинах Азии, Южной Америки, Африки никогда не останавливались геологи-разведчики, в скалы скольких гор не ударял геологический молоток! А Антарктида, в прорывах немногих оазисов показавшая фантастические богатства! А Гренландия, скрытая ледяным щитом!

А глубоко ли проник сегодня взор геолога в недра Земли даже и в тех местах, которые считаются уже изученными? На пять километров? Меньше. На три километра? Меньше. Меньше, ибо далеко не все еще могут открыться нам редкие буровые скважины и туманные сообщения геофизической разведки.

Что ж, это и плохо и хорошо. Хорошо потому, что еще много предстоит открыть человеку. Хорошо потому, что обитатели планеты Земля в действительности значительно богаче ее дарами, чем они думают сегодня.

СОВЕТСКИЙ МЕТАЛЛ

Было время, железо с маркой «Старый соболь» считалось лучшим в мире. Это была марка русского уральского железа. Именно о нем отзывались голландские мастера: «Лучше и быть невозможно».

Русский металл широко вышел на мировой рынок. В 1716 году Англия купила первую партию русского железа — 2200 пудов, а в 1732 году эта цифра перевалила уже за 200 тысяч пудов. Это был металл, который лег в фундамент английской промышленной революции XVIII века.

Русские металлурги шли в те годы во главе металлургического прогресса. Они построили лучшие и самые производительные в мире по тому времени доменные печи, ввели двухфурменное дутье, овладели выплавкой металла из магнитного железняка. Все это и обеспечивало русскому металлу первенство на мировом рынке. В 30-х годах XVIII века в России выплавлялось более трети мирового производства железа.

Но политическая отсталость России, затянувшееся крепостное право, — а именно на труде крепостных основывались уральские заводы, — не дали закрепить, удержать это первенство. В 1885 году Россия выплавляла менее 3 процентов мировой выплавки чугуна. И к войне 1914 года царская Россия пришла, плетясь в хвосте великих держав

по производству металла. В то время как в США в 1913 году было выплавлено на душу населения 327 кг чугуна, в Англии — 228 кг и во Франции — 217, в России эта цифра не превышала 30 кг. 4,2 млн. тонн чугуна и 4,2 млн. тонн стали было произведено в царской России в 1913 году.

«Относительно железа — одного из главных продуктов современной промышленности, одного из фундаментов, можно сказать, цивилизации,— писал Владимир Ильич,— отсталость и дикость России особенно велики».

В бесконечно богатой рудами самых разнообразных металлов стране добывали лишь медь, свинец и цинк, да и то в количествах, не удовлетворяющих даже отсталой и неразвитой своей промышленности. Алюминий, никель, вольфрам, магний, хром и т. д. в России или не производились совсем, или производились в ничтожных количествах. Их тоже ввозили из-за границы.

Первая мировая война и интервенция разрушили и ту слабую металлургию, которой располагала страна. Погасли доменные печи. Остановились металлургические заводы. И в 1920 году было выплавлено в нашей стране всего 0,16 млн. тонн чугуна да 0,2 млн. тонн стали.

С первых дней установления Советской власти наш народ повел борьбу за металл. Как на штурм крепостей, шли комсомольцы на стройки металлургических заводов. Сообщения со строительных площадок Магнитогорского и Кузнецкого металлургических комбинатов-гигантов вся страна читала, как военные сводки с фронтов. В первые пятилетки вступили в строй крупные металлургические заводы — Криворожский, «Азовсталь», «Запорожсталь» и другие, и в 1940 году в СССР было произведено 18,3 млн. тонн стали, 15 млн. тонн чугуна.

Наступила Великая Отечественная война. Это было испытанием не только силы и отваги людских сердец, но и испытанием металла. Сталь орудий и свинец пуль, легкие сплавы самолетов и тяжелая броня танков — металлы грудь с грудью схватились на полях сражений. И хваленая золингеновская сталь на выдержала напора уральского металла. Сколько их, исковерканных нашими бронейными снарядами фашистских танков, взорванных орудий, брошенных минометов, было переплавлено в пламени наших мартенов на мирный металл восстановления!

Послевоенные годы — годы нового роста производства металлов. Уже в 1955 году было произведено в нашей стране 45,3 млн. тонн стали, 33,3 млн. тонн чугуна. А в 1960 году эти цифры поднялись до 65,3 млн. тонн стали и 46,8 млн. тонн чугуна. Мы прочно занимаем первое место в Европе и второе место в мире по производству этих главных металлов.

Стремительно выросло и производство цветных металлов. Если металлургия дореволюционной России имели дело лишь с 16 элементами,

да и тех производили очень мало, то сегодня уже более 60 металлов производятся у нас в промышленном масштабе. Эта цифра не учитывает, конечно, лабораторных установок научных институтов.

У нас создана мощная промышленность по производству «крылатых» металлов — алюминия и магния. В нашей стране идет широкое строительство атомных электростанций. Их основное топливо — уран, и металлурги удовлетворяют спрос энергетиков на этот металл. Титан, бериллий, германий — металлы будущего, металлы технического прогресса — производятся в нашей стране во все возрастающих количествах.

Программа Коммунистической партии Советского Союза не пестрит цифрами, там приведены лишь самые главные. Среди них и цифра выплавки стали, которую мы должны достичь в 1980 году. Она поражает, эта цифра: 250 млн. тонн!

Нет никакого сомнения, что этот уровень будет достигнут страной! А знаете ли вы, что такое 250 млн. тонн стали?

Это металлоконструкции 10 000 таких гидроузлов, как Рыбинский на Волге!

Это 20 млн. тяжелых тракторов типа «С-80»!

Это 112 тысяч крупнейших гидроагрегатов мощностью по 200 тысяч квт!

Это рельсы на железнодорожный путь длиной в 2 млн. км — 50 раз вокруг диаметра Земли!

Конечно, никто не собирается использовать этот металл только на железнодорожные рельсы или гидроагрегаты. Из него будут сделаны и гидроагрегаты, и тракторы, и железнодорожные рельсы, и скрепки для бумаги, и автомобили, и каркасы жилых домов, и пылесосы для населения, и еще, и еще, и еще множество полезных и нужных вещей. Этого металла хватит и для того, чтобы проложить трассу к Луне — к тому времени, видимо, отправится на разведку нашего вечного спутника не только первая пассажирская ракета. И на них пойдет часть нашего металла.

Нет, конечно же, космические корабли не будут железными. Но даже если они будут целиком сделаны из сверхлегких сплавов — бериллия, титана, магния, алюминия, все равно не смогут они взлететь, если не будет выплавлен этот черный металл. Ибо из стали сделают станки, на которых обработают детали ракет, ею окуют печи, в которых выплавят для них этот сверхлегкий и сверхпрочный сплав. Ибо черный металл — основа основ, фундамент фундаментов.

Да, это очень много металла, и невиданно высок темп роста его производства в нашей стране, но все равно его еще недостаточно. И мы еще отстаем от ряда стран по производству металла на душу населения.

Так, в нашей стране в 1960 году было выплавлено по 225 кг чугуна

на каждого человека. А в США в тот же год пришлось по 340 кг на человека, в Англии — по 300 кг на человека и во Франции — по 310 кг на человека. Примерно таково же соотношение и по производству стали было в 1960 году. В нашей стране было выплавлено 312 кг на человека, в США — 500 кг на человека, в Англии — 460 кг, во Франции — 380 кг.

Что ж, в прошлом разрыв был значительно сильнее. Царская Россия выплавляла в 1913 году всего по 30 кг стали на человека, а США — по 327 кг на человека. За минувший период к 1960 году они удвоили свое производство на душу населения, мы — увеличили в десять раз. И уже не в 11 раз меньше произвели металла на душу населения, а всего в 1,6 раза. И этот разрыв будет все сокращаться и сокращаться.

В этом, в возможностях обеспечить более стремительное развитие народного хозяйства, чем это может быть при капитализме, ярчайшее проявление превосходства социалистической системы. Под неопровержимым убедительным потоком фактов это вынуждены признать и наши враги. В ноябре 1959 года в США специальная высокопоставленная комиссия, состоящая из крупных ученых и экономистов, почти единодушно констатировала, что темпы развития советской экономики выше американской и в ближайшее десятилетие Советский Союз догонит США по всем показателям экономического развития.

Это вынуждены признавать враги. А мы-то ни минуты не сомневались в этом. Мы знаем это.

Бесспорно, язык цифр самый емкий в мире. Убедительны, неопровержимы цифры роста производства металлов в нашей стране. Но и они еще не дают, оказывается, полной картины того стремительного прыжка, который сделан нами в минувшие десятилетия. Ведь они не отражают качества металла.

Вот инженер за кульманом набрасывает чертеж пролета цеха. Он устанавливает металлический каркас, подбирает подходящие двутавровые балки и швеллеры, соединяет их «косынками» листового металла, скрепляет узенькими полосками углового проката. Все четче проступают красивые линии ажурного каркаса. Но неспециалист не знает, что инженер, работая над проектом, ни на минуту не выпускал из рук логарифмической линейки и справочника, в котором собраны прочностные характеристики металла. Он определяет, какой величины напряжения будут растягивать и сжимать каждую даже самую незаметную балочку, какие силы попытаются срезать заклепки у самой скрытой из металлических «косынок». И эти усилия он непрерывно сравнивает с теми, которые может выдержать металл. Именно им он руководствуется, выбирая той или иной величины двутавры, швеллеры, угольники, устанавливая толщину металла «косынок».

Значит, чем прочнее металл, тем меньше его пойдет на сооружение.

Невиданно выросло качество металлов в нашей стране за последние четыре десятилетия. А это значит, что из выплавленной в 1962 году тонны стали можно изготовить значительно больше вещей, чем из тонны стали, выплавленной в 1913 году.

Еще динамичнее предстанет перед вами кривая стремительного роста производства металла, если учесть и ее качественный рост.

СОКРОВИЩНИЦА РОДИНЫ

Неисчерпаемо богаты подземные сокровищницы нашей Родины самыми различными металлами.

Первое место в мире занимает наша страна по разведанным запасам руд железа — сегодняшнего «императора» металлов. Во многих районах ее есть богатые месторождения железных руд. Среди них особенно выделяются южные клады нашей страны — Криворожский и Керченский железорудные бассейны, таящие в своих недрах около трети общесоюзных запасов этого металла. Пятая часть его содержится в уральских месторождениях и столько же — в залежах Казахстана. Еще не выявлены окончательно (только началось их освоение), но грандиозны запасы металла в Курской магнитной аномалии. Есть железная руда и на Кольском полуострове, и в Восточной Сибири, и в Забайкалье, и на Дальнем Востоке.

Первое место в мире занимает наша страна и по разведанным запасам медных руд. Основными поставщиками этого металла электротехники являются древний Урал и Казахстан. Кроме того, медные руды встречаются у нас на Кавказе, Алтае, в Узбекской ССР, в Восточной Сибири.

Свинец... И по запасам свинцовых руд также занимает наша страна первое место в мире. Свинец добывают у нас в Казахстане, в республиках Средней Азии, в Приморском крае, на Урале, на Северном Кавказе и в других местах. Постоянным спутником свинца является цинк. Им тоже неисчерпаемо богаты недра нашей страны.

Первое место в мире занимает наша страна и по разведанным запасам марганца. Наиболее богаты этим металлом недра Грузинской ССР (Чиатурское месторождение) и Украинской ССР (близ города Никополь). Кроме того, залежи марганцевых руд имеются на Урале, в Западной Сибири, в Казахской ССР и других районах.

Первое место в мире занимает наша страна и по разведанным запасам вольфрама — его добывают в Центральном Казахстане, на Северном Кавказе, в Средней Азии и т. д.

Одно из первых мест среди других государств мира занимает Советский Союз по запасам бокситов и нефелинов — руд алюминия. Они находятся на Кольском полуострове, на Урале, в Казахстане и других местах. Так же обстоит дело с рудами никеля, кобальта, молибдена, сурьмы, ртути, платины. Есть у нас и залежи олова — «металла консервных банок», как определил его академик Ферсман, титана — металла, в котором предвидят будущего соперника железа, редких и рассеянных элементов — металлов технического прогресса — урана, бериллия, лития, ниобия, тантала, циркония, германия, индия и других. Добываются в нашей стране и благородные металлы — золото, серебро, металлы платиновой группы — иридий, родий, палладий и другие.

Нет, металлический голод не грозит нашей Родине. И все-таки...

КАНДИДАТЫ В РУДЫ

Как ни велики залежи магнитного железняка в горе Магнитной, они конечны. За годы жизни и работы Магнитогорского металлургического комбината словно полгоры выели железные челюсти экскаваторов и бульдозеров. И настанет день, когда последний грамм железной руды из этого месторождения поглотят доменные печи.

Да только ли об этом месторождении идет речь? Конечно, как они ни грандиозны, запасы и криворожской и керченской руд, и даже руд Курской магнитной аномалии. Истории известны многочисленные примеры, когда истощались запасы руд в тех или других странах и над ними нависал призрак металлического голода. Не грозит ли нечто подобное — пусть даже в отдаленном будущем — и нашей стране?

В 1910 году в Стокгольме собрался Международный геологический конгресс. На повестке дня стоял как раз этот вопрос: не иссякнут ли железные руды Земли? Семьдесят две страны мира прислали конгрессу сведения о своих рудных богатствах. Просуммировав их, проанализировав перспективы роста добычи металла на будущее, ученые пришли к выводу: уже через 60 лет иссякнут источники железа, станет драгоценностью каждый гвоздь. Самый главный металл технического прогресса станет таким же дорогим, как золото, и даже дороже, ибо железо важнее золота.

Такой же вопрос разбирался на Международном геологическом конгрессе и в 1922 году в Брюсселе. И снова выводы оказались неутешительными, хотя каждый год отодвигал призрак железного голода все в более отдаленное будущее, ибо каждый год открывались все новые залежи.

Неоднократно возникали вопросы и об истощении мировых залежей других металлов.

Но сегодня мы можем сказать уже совсем убежденно: все эти опасения напрасны.

Дело в том, что во всех подсчетах запасов металлов учтено сырье, которое является рудой сегодня, может разрабатываться на сегодняшнем уровне развития техники. И по мере совершенствования наших знаний и техники в число руд включаются все более бедные руды.

В прошлом веке медную руду в первую очередь обжигали для удаления серы, а затем многократно переплавляли, чтобы удалить из нее примеси. Сколько топлива уходило на это! И поэтому рентабельной считалась только та медная руда, в которой содержалось 6—9 процентов металла, а огромные количества медных сернистых колчеданов Урала считались пустой породой.

Но вот был изобретен метод обогащения медных руд — флотация, внедрен новый способ выплавки меди. Тепло от сгорания содержащейся в руде серы при этом способе полезно используется. Резко сократился расход топлива на производство меди, и сразу же стали полезными ископаемыми те самые колчеданы с содержанием меди около двух процентов, к которым с таким презрением относились металлурги прошлого века.

Или еще пример. Ни бокситы, ни нефелины еще сто лет назад вообще не считались полезными ископаемыми: не было на свете того, что мы сегодня называем алюминиевой промышленностью. Но открыли способы получения алюминия электролизом — и недавние «пустые породы» стали ценным сырьем.

Не раз было и другое: в отвалах, в уже переработанном сырье находили какой-либо элемент, оказывавшийся чрезвычайно важным для техники, — и вчерашние отходы становились драгоценной рудой.

Кто сможет сказать, какие горные породы будут уже завтра называться гордым словом «руда», приобретут значение и ценность для человека?

...Наверное, все читали знаменитый роман Герберта Уэллса «Война миров». Помните описание удивительной машины, построенной прилетевшими на Землю марсианами? Герой книги наблюдает за ее работой, спрятавшись в какой-то щели: «Две лопатообразные руки копали глину и бросали куски ее в грушевидный приемник, в то время как третья рука периодически открывала дверцу и удаляла из средней части прибора обгоревший шлак. Четвертое стальное щупальце направляло порошок из котла по коленчатой трубке в какой-то новый приемник, скрытый от меня кучей голубоватой пыли. Из этого невидимого приемника поднималась вверх струйка зеленого дыма. Многорукая машина с негромким му-

зыкальным звоном вдруг вытянула, как подзорную трубу, щупальце и закинула его за кучу глины. Через секунду щупальце подняло вверх полосу белого алюминия, еще не остывшего и ярко блиставшего, и бросило ее на клетку из таких же полос... От заката солнца до появления звезд эта ловкая машина изготовила не меньше сотни таких полос непосредственно из глины...»

Что ж, существование такой машины — вполне возможная вещь. Ведь алюминий в довольно большом количестве входит в состав самой обыкновенной глины. Если судить по процентному содержанию, то медные колчеданы, о которых мы только что говорили, в несколько раз беднее медью, чем глины — алюминием. И вопрос только о том, чтобы найти способ переработки этих глин, открыть такой металлургический процесс, который сделает рентабельным выработку алюминия из глины. И тогда станет реальностью машина, которая «от заката солнца до появления звезд» сможет изготовить не меньше сотни алюминиевых полос непосредственно из глины, а то и перекроет этот рекорд.

А знаете ли вы базальт? Да, тот самый базальт, твердую черную тяжелую породу, которую нередко изливают кратеры вулканов. Эта горная порода распространена не менее глины.

В нашей стране выходы базальта имеются в Армении, Карелии, на Камчатке, в Саянах и многих других местах. А между Леной и Енисеем базальты покрывают огромную площадь — свыше 1500 тысяч квадратных километров.

Да, базальты пытаются использовать и сейчас. Литые из базальта начинают применяться во многих отраслях техники. Плиты литого базальта заменяют чугунную облицовку мельниц для размола угля, трубки из этого материала вытесняют победитовые насадки пескоструйных аппаратов, из него делают желоба для золоудаления на тепловых электростанциях. Но и из глины делают кирпичи. Это еще не рудное использование материала.

Известный советский ученый академик Д. И. Щербаков считает базальт одним из первых кандидатов в драгоценнейшие руды. Еще бы! Ведь в базальте содержится 40 процентов кремния, 15 — алюминия, 7 — кальция, 6 — железа, 5 — магния, 2 — титана. Смотрите, какой удивительный набор ценных металлов! И опять дело только за разработкой технологии, которая позволит разделять содержащиеся в базальте металлы и сделает экономически целесообразным, рентабельным их получение.

Мы привели только два примера горных пород, которые могут претендовать в ближайшем будущем на право стать драгоценными рудами. Эти примеры можно множить и множить. Почти каждая горная порода — вулканическая или осадочная — может стать рудой для добычи тех или иных металлов.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ЛУЧ ПОДРУЖИЛСЯ С РЕЗЦОМ — И ПЕРЕД НИМ ОТСТУПАЮТ САМЫЕ ТВЕРДЫЕ ПОРОДЫ.



Да разве только горные породы могут быть источником металлов? А вода морей и океанов? Какие огромные запасы металлов — кальция, калия, натрия, золота, серебра и других — растворены в ней! И, конечно, дойдет и до них очередь.

Нет, не грозит человечеству голод металлов. Наоборот, все больше их будут брать люди у природы, и она все охотнее будет отдавать им свои сокровища.

ОТ ЗАБОЯ ДО ЗАВОДА

Редко в настоящее время руда, добытая из-под земли, сразу поступает на переплавку. Обычно она проходит обогащение.

Это и понятно: в настоящее время используются руды цветных металлов с очень незначительным содержанием их. Например, содержание свинца в разрабатываемых рудах нередко не превышает 1,5—2 процентов, а в плавильную печь должен поступить концентрат, содержащий не менее 20—30 процентов металла, иначе просто не пойдет металлургический процесс. Руды молибдена содержат еще меньше металла — обычно десятые доли процента, в то время как существующая технология их извлечения требует содержания металла в руде не менее 40—50 процентов.

Этот разрыв и призвано заполнить обогащение руды.

Мне пришлось однажды пройти от забоя, где добывалась руда, до получения концентрата из нее. Вот каким был этот путь.

Дело было в Киргизской ССР.

Свинец... Это один из самых распространенных в современной технике цветных металлов.

Многие, наверное, видели на стройках огромные деревянные катушки с намотанным на них кабелем — для подачи электрического тока или для телефонной связи. Этот кабель закладывают в землю, опускают на дно рек. Защищает провода в них свинцовая оболочка — надежная и эластичная броня.

Вряд ли можно найти человека, не знающего, что такое электрический аккумулятор. А ведь в большинстве аккумуляторов также работает свинец. Тяжелые плиты свинца — лучшая защита от радиоактивного излучения. Свинцовой броней одевают аппараты и приборы в соответствующих случаях. Свинцовая химическая аппаратура — обязательная принадлежность лабораторий, в которых приходится иметь дело с целым рядом сильно агрессивных жидкостей. Буквально во всех отраслях техники приходится иметь дело со сплавами свинца и его соединениями.

И вот мы едем туда, откуда приходит свинец, — на Буурдинский свинцово-цинковый карьер.

Надсадно гудит на первой передаче наш ГАЗ-169, поднимаясь по бесконечным «серпантинам». Высота над уровнем моря свыше двух тысяч метров — вдвое выше вершины знаменитой горы Ай-Петри в Крыму. И когда донельзя надоедают петли шоссе, впереди открывается залитая яркими лучами солнца, окруженная зеленовато-коричневыми горами долина.

В ее неширокой чаше расположился поселок горняков. Двух- и трехэтажные дома прижались к склонам гор. За домами взбегают по откосам зеленые квадратики огородов. Буйный расцвет растений свидетельствует, что земля здесь щедро вознаграждает за труд. Мы проезжаем мимо клуба, школы, большого здания столовой, гостиницы... Столбы электропроводки шагают по уступам гор. Водопровод подает в каждую квартиру чистую, как кристалл, воду горных источников. Да, по предоставляемым его жителям удобствам квартиры этого высокогорного поселка немногим уступают даже столичным.

— Когда же возникли здесь, в сердце гор, эти дома?

— О, поселок еще не справил своего десятилетия! — отвечает нам местный старожил. — В 1952 году началась у нас разработка свинцово-цинковых руд. С того времени надо начинать и летопись нашего поселка.

Миновав его крайние здания, водитель снова переключает машину на первую скорость, ибо поселок расположился у подножия гор, а добыча драгоценных руд производится на их вершинах...

И вот еще один поворот, и мы въезжаем на огромную неправдоподобно плоскую площадку, сплошь исчерченную следами автомобильных шин. Как возникла здесь, где хаос взметнувшихся к небу гор, казалось бы, исключает самое понятие о ровной горизонтальной поверхности, эта сковорода? Вглядываемся в непривычный пейзаж. Да, конечно, здесь, на месте этой площадки, должна быть гора. Но вершину ее словно откусили какие-то гигантские челюсти, мы стоим на горе без вершины. Оказывается, это и есть карьер, в котором добывается знаменитая свинцово-цинковая руда.

Когда-то, в незапамятные времена, яростный катаклизм подземных сил расколол здесь рыжие массивы гранитов и в образовавшуюся щель поднялись растворы ценных металлов. Свинец и цинк, золото и серебро содержатся в сине-фиолетовой жиле галенита, прорезывающей горы. Жила то суживается до 2—3 метров, то расширяется до 30—35 метров. Ради нее и возникли в горах город, фабрика, пришли машины, работают люди.

Впрочем, на площадке людей почти не видно. Только деловито стучат самоходные буровые станки, пробивая в гранитной скале 10—20-метровой глубины шпур. Важно кланяются, загребая четырехкубовыми ковшами руду, уральские экскаваторы. Это их челюсти откусили у горы

ее вершину. Рокоча моторами, спешат к экскаваторам десятитонные самосвалы. Только два человека не держат в руках рычаги или штурвалы могучих машин: геодезист, производящий съемку карьера, и девушка, помогающая ему в этом. «Единственные, занимающиеся тяжелым механизированным трудом!» — шутят о них.

О том, как добывают здесь руду, рассказывает нам высокий художавый человек — старший геолог рудника Виктор Павлович Рудаков. Но все происходит на наших глазах. Геолог только комментирует происходящее.

Вот прекратили равномерный стук станки канатно-ударного бурения. Деловито спускаются они на своих гусеницах с уступа скалы, в недра которой пробили двадцатиметровой глубины скважины — шпуры. Пока они предусмотрительно отходят в сторону, отважные подрывники закладывают в эти шпуры заряды.

Раздается предупреждающий вой сирены. Рабочие уходят в укрытия. На площадке, ставшей вдруг чем-то тревожно похожей на передний край фронтовой полосы, остаются одни лишь взрывники. Запалив концы шнуров, они забираются в стальные ковши экскаваторов — боевые доты мирного сражения с природой. И вдруг скала словно плавно качнулась нам навстречу, взлетели камни, в уши ударил звук взрыва. Далеко по урочищам разносит его могучее эхо.

Люди бегут к своим машинам. Оживают железные стрелы экскаваторов, рокочат моторами самосвалы.

Отходим к краю площадки, чтобы не мешать движению машин. Под ногами рыхлая почва, ступаем по ней, как по свежеспаханному полю. Это неожиданно здесь, где нога привыкла к камням и скалам. Оказывается, так «выглядит» свежевзорванная скала. Ее скоро начнут грузить на самосвалы.

По разным путям отвозят самосвалы пустую породу и руду. Первую разгружают прямо с пятисотметрового обрыва скалы в ущелье. Вторую бережно высыпают в приемный бункер огромной щековой дробилки.

Здание, где разместилась дробилка, прилепилось к крутому обрыву скалы. По узкой винтовой лестнице, трижды начиная считать ее ступени и трижды сбившись, спускаемся в машинное отделение. Дежурный машинист выводит нас на крохотный карниз скалы — здесь не так слышен грохот разгрызаемого стальными челюстями дробилки камня.

— Наша дробилка — самый первый этап переработки руды, — рассказывает он. — Глыбы руды, иная весом более тонны, проходят в ней измельчение до кусков весом не более тридцати килограммов. Транспорт уносит эту руду в бункер канатно-подвесной дороги. Она начинается здесь, под нами. Полтора километра воздушного пути, и руда попадает в обогательную фабрику. Вон она...

Далеко внизу видна прислонившаяся к склону долины, отсюда миниатюрно-игрушечная, похожая на пирамидку папиросных коробок, обогатительная фабрика. К ней по «канатке» солидно скользят, словно гордясь своим драгоценным грузом, полные до краев вагонетки. Навстречу им вверх движутся, легкомысленно покачиваясь, пустые. А еще дальше, за фабрикой, белеют крошечные спичечные коробки домов, выстроившихся в два ряда вдоль изумрудно-зеленой горной долины. Мы проехали через этот поселок утром.

Сорвав на память несколько желтых высокогорных маков, мы направились на обогатительную фабрику.

Полиметаллические руды никогда не содержат более четырех процентов свинца. Такую руду нельзя сразу направить на выплавку металла. Ее целесообразно обогатить — удалить из нее пустую породу. Это и осуществляется на обогатительной фабрике.

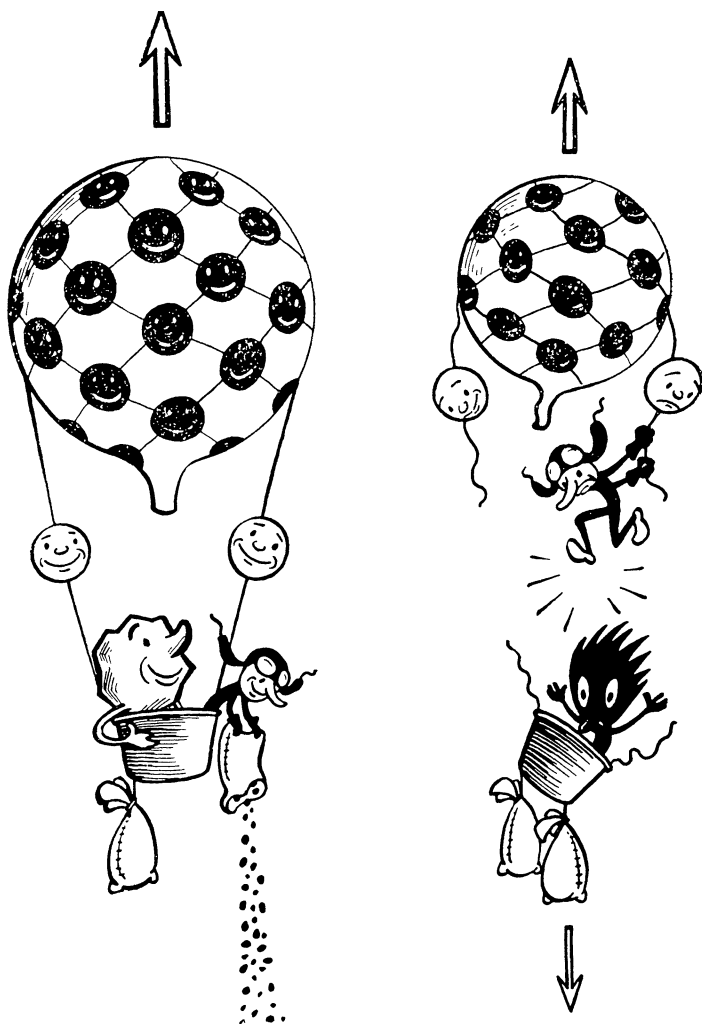
Первые ее отделения производят дальнейшее дробление и измельчение руды.

Измельченная руда поступает во флотационное отделение фабрики.

Возьмите виноградинку и опустите ее в стакан газированной воды. Виноградинка сначала утонет — ее удельный вес больше, чем удельный вес воды. Но вот на ней, лежащей на дне, возник первый блестящий, как капелька ртути, пузырек газа. Другой, третий... И уже вся виноградинка словно покрылась серебряным бисером. Она вздрагивает и, увлекаемая пузырьками воздуха, всплывает на поверхность. Таков принцип флотации.

Во флотационном отделении фабрики измельченная руда с водой — эту смесь называют пульпой — попадает в специальные ванны. Сквозь перемешиваемую в них пульпу пропускается воздух. Возникает обильная пена. Бесчисленные пузырьки — величиной с булавочную головку и с голову ребенка — возникают на поверхности пульпы. Но странно, пузырьки эти кажутся металлическими, они поблескивают тусклым свинцовым блеском. Да это и понятно: к поверхностям их прилипают бесчисленные частички руды. Частички пустой породы не обладают способностью прилипать к воздушным пузырям и осаждаются на дно.

Конечно, процесс этот совсем не так прост, как здесь рассказано. В воду, в которой проходит флотация, добавляют целый ряд химических веществ. Одни из них способствуют образованию пузырьков воздуха, другие — прилипанию частиц руды к этим пузырькам, третьи, наоборот, обеспечивают неприлипание к пузырькам частиц руды. Тончайшие физико-химические процессы происходят перед нами в немудреных на первый взгляд ваннах.



Различны судьбы руды и примесей — пассажиров воздушных пузырьков при флотации.

Сопровождающий нас главный технолог фабрики Николай Александрович Масленицкий — высокий, спокойный и веселый человек — взял металлическую чашку, похожую на суповую ложку, и зачерпнул свинцовую пену. Несколько колебательных движений под струйкой чистой воды — примерно так золотоискатели промывают песок, содержащий

золото, — и на дне тускло сверкает металлический порошок. Это и есть концентрат свинцовой руды. Теперь надо отделить его от воды.

Это осуществляется в гигантских чанах-сгустителях, в которых концентрат осаждается на дне, а вода стекает через их края сверху.

Нас поразило отсутствие людей в огромных цехах обогатительной фабрики. Мы переходили с этажа на этаж, спускаясь вслед за рудой по отделениям фабрики. Рабочих почти нет. Один, редко два человека на целое огромное отделение.

— А что здесь делать людям? — ответил вопросом на вопрос инженер. — Все делается автоматически и полуавтоматически. К тому же мы совершенствуем процесс. При пуске этой фабрики, лет пять-шесть назад, по штату было триста пятьдесят рабочих. А сейчас весь штат фабрики — от начальника до уборщицы — составляет около ста человек. И постепенно еще и еще снижается.

...Поздно вечером спустились мы в Чуйскую долину, но электрические огни Буурды долго еще приветливо мигали нам на вершинах гор.

Оттуда приходит свинец.

РУДА СТАНОВИТСЯ БОГАЧЕ

Флотация, с которой мы только что познакомились, возникла на рубеже XIX и XX веков. Рассказывают, что первооткрывателем ее была жена одного горняка, работавшего в медном руднике. Стирая рубашку, в которой муж работал в забое, она заметила, что все частицы медной руды оказались в мыльной пене, а частицы примесей — на дне корыта.

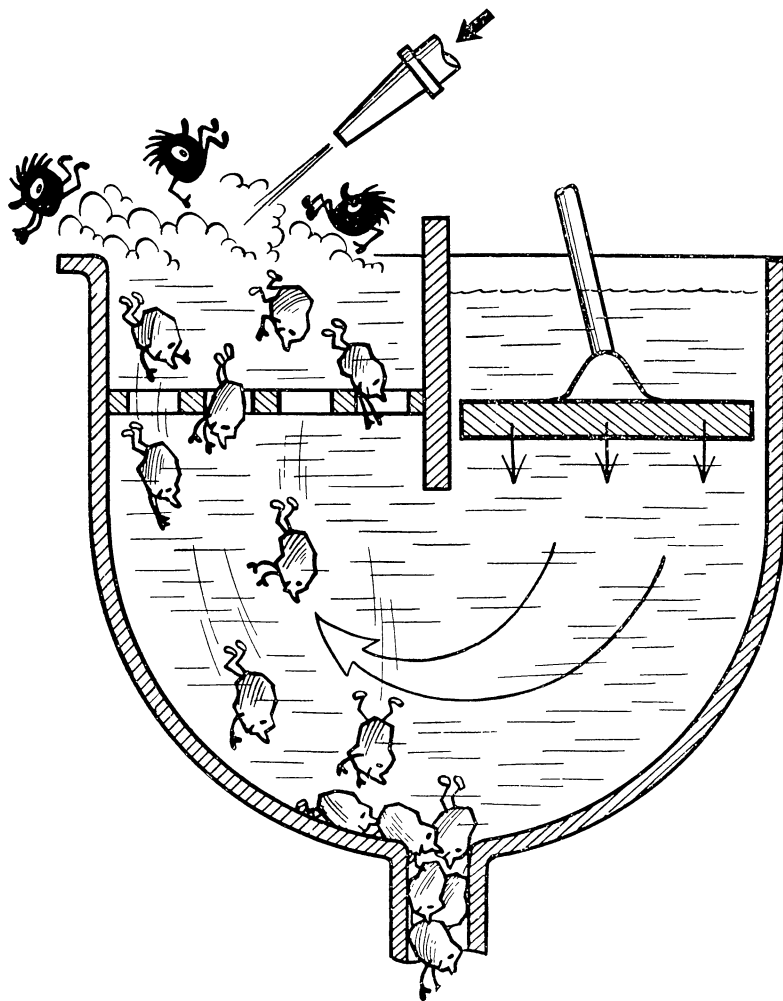
Имени этой женщины история не сохранила, зато осталось немало имен «открывателей» этого способа, бравших в разные времена в разных странах патенты на свое изобретение.

Сегодня флотация очень широко распространена в обогащении самых различных руд. Меняется состав реагентов, добавляемых в воду, меняется число ступеней обогащения. Нередко осуществляется многоступенчатое обогащение, когда в руде содержится ряд разных ценных металлов, которые надо отделить друг от друга. Но основной принцип остается прежним.

Флотация применяется для обогащения свинцово-цинковых, медных, медно-цинковых, молибденовых сульфидных руд, руд олова, сурьмы и многих других.

Но флотация — отнюдь не единственный из известных сегодня методов обогащения руд. И отнюдь не принадлежит XX веку сама идея обогащения.

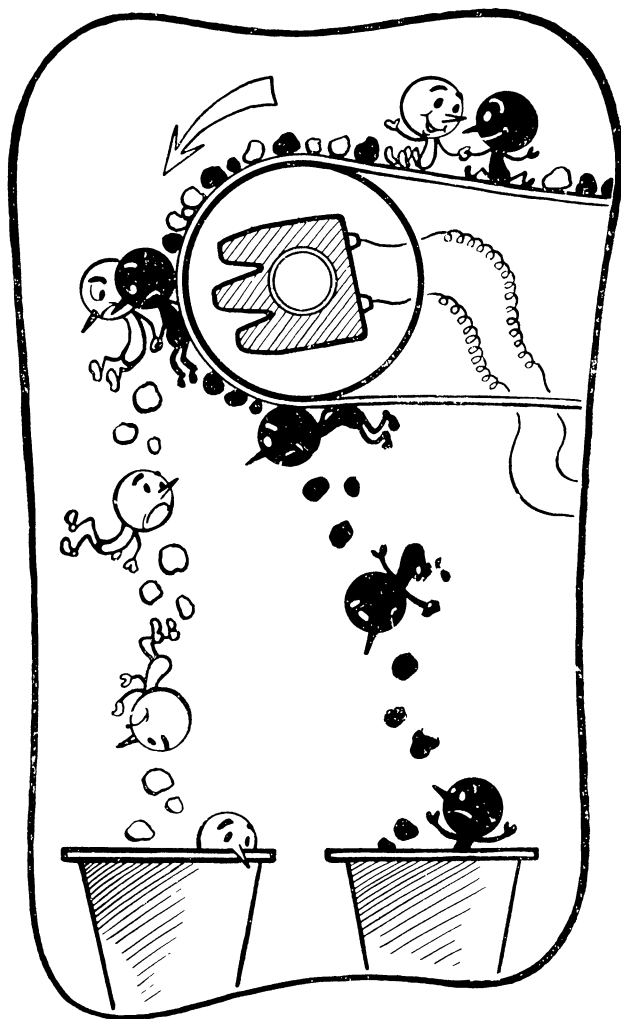
В своей книге «О металлах» средневековый немецкий ученый Агри-



Лезким частицам примесей не преодолеть мощного потока.

кола рассказывает, как рабочие, перед тем как загрузить ту или иную руду в печь, вручную отбирают из нее куски пустой породы. А ведь это уже один из методов обогащения руды. Но и это не было рождением идеи.

Греческий географ и историк Страбон в начале I века нашей эры написал интереснейший труд под названием «География».



Магнит сепаратора — «злой разлучник».

Объем этого труда довольно велик — он состоит из 17 книг. В них дано подробное описание по существу всему «кругу Земли» — известной древним части нашей планеты. На страницах, посвященных Кавказу, Страбон, в частности, пишет:

«Рассказывают, что у них потоки сносят золото и что они... собирают

его с помощью просверленных корыт и косматых шкур. Отсюда и сложилась, говорят, басня о золотом руне».

А ведь это сообщение еще об одном методе обогащения руд — гравитационном обогащении. Вот, оказывается, как давно оно появилось, так широко применявшееся потом золотоискателями на всех материках нашей планеты! Да и сегодня применяется оно для обогащения железных руд, руд олова, вольфрама и других тяжелых металлов, которые по удельному весу резко отличаются от пустой породы.

Конечно, среди методов обогащения руд не может отсутствовать магнитное обогащение. Ведь, как мы знаем, руды резко отличаются и друг от друга и от пустых пород своими магнитными свойствами.

И действительно, магнитное обогащение распространяется все шире. Оно бывает сухим, когда сравнительно крупные магнитные частицы — крупнее 3—6 мм в поперечнике — отделяются с помощью магнита от таких же частиц пустой породы прямо в воздухе, и мокрым, когда разделяются частицы мельче 6 мм в поперечнике в воде. Аппараты для магнитного обогащения называются сепараторами.

Примером сепаратора для сухого обогащения может служить простой сильный электромагнит, установленный над ленточным транспортером, по которому движется поток немагнитной руды для размола в мельницу. А все металлические предметы, могущие повредить мельнице, — гвозди, болты, обрывки стальной проволоки — притягиваются к магниту и остаются на нем.

На том же принципе работают и сепараторы для мокрого разделения. В этом случае электромагниты устанавливаются над нижней лентой транспортера, погруженного в ванну. Пульпа попадает под эту ленту, и немагнитные частицы свободно оседают здесь же на дно ванны, а магнитные притягиваются к магнитам и увлекаются лентой в ее другое отделение. Они отрываются от ленты, только когда она вынесет их из зоны действия магнитов.

Электростатический метод обогащения руд похож на магнитный. При этом методе все частицы измельченной руды получают электростатические заряды и переносятся на металлический барабан. Частицы с большой электропроводностью сразу же отдают свой заряд барабану и, не притягиваясь к нему, выпадают в первый бункер. Полупроводящие частицы протягиваются к барабану. Заряд не может с них сразу стечь, и, подобно бумажке, притягиваемой эбонитовым гребнем, они некоторое время остаются на поверхности барабана и, конечно, попадают в другой бункер. Частицы-непроводники удерживаются электрическим зарядом на барабане еще плотнее и попадают в третий бункер.

Помимо описанных, современная техника знает и еще целый ряд методов обогащения. Разделение составляющих руду пород может осуществляться по различной прилипаемости частиц к тем или иным составам,

по трению их по поверхности тех или иных материалов, по крупности или форме частиц и т. д.

Возможно и комбинированное применение тех или иных методов обогащения, особенно если в руде содержится целый ряд важных и ценных компонентов, соединений разных металлов, которые необходимо отделить друг от друга.

ШАХТЫ ИЛИ СКВАЖИНЫ?

Это было на металлургическом заводе, вырабатывавшем металлическую сурьму.

В цехе стояли горячие металлические чаны, похожие на башни. В них булькала и рокотала жидкость. Там происходил важнейший в металлургии сурьмы процесс выщелачивания, а проще — растворения соединений сурьмы из руды. Затем этот раствор поступал, как нам показали, в электролизные ванны, где из него выделялась сурьма.

Перед этим мы только что посетили сурьмяный рудник, ходили по темным подземным коридорам — штрекам, по которым проложены рельсы электровоза, спускались к забоям, где ровно стучали перфораторы и отбойные молотки, поднимались на подземном лифте на другие этажи подземного города. На несколько километров ушли в глубь гор его улицы в погоне за узкой жилой руды. Сколько же тяжелого, а порой и опасного труда в черных подземельях приходится затрачивать, чтобы получить на-гора поблескивающую светло-серыми гранями кристаллов руду!

И там мне вспомнилась вечная мечта горняков: не строить всех этих очень дорогих шахт, а добывать металлы из недр Земли так же, как добывают нефть и воду — просто пробуравив скважину.

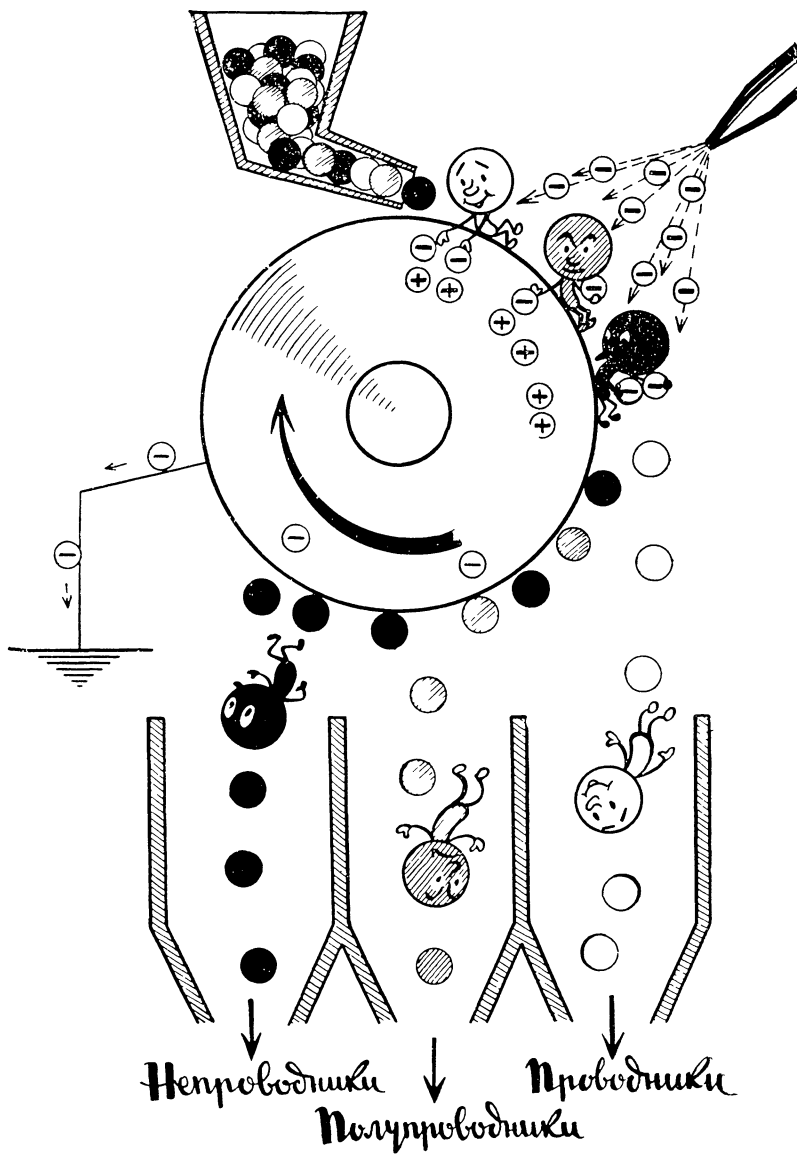
— Утопия! Фантастика! — скажете вы.

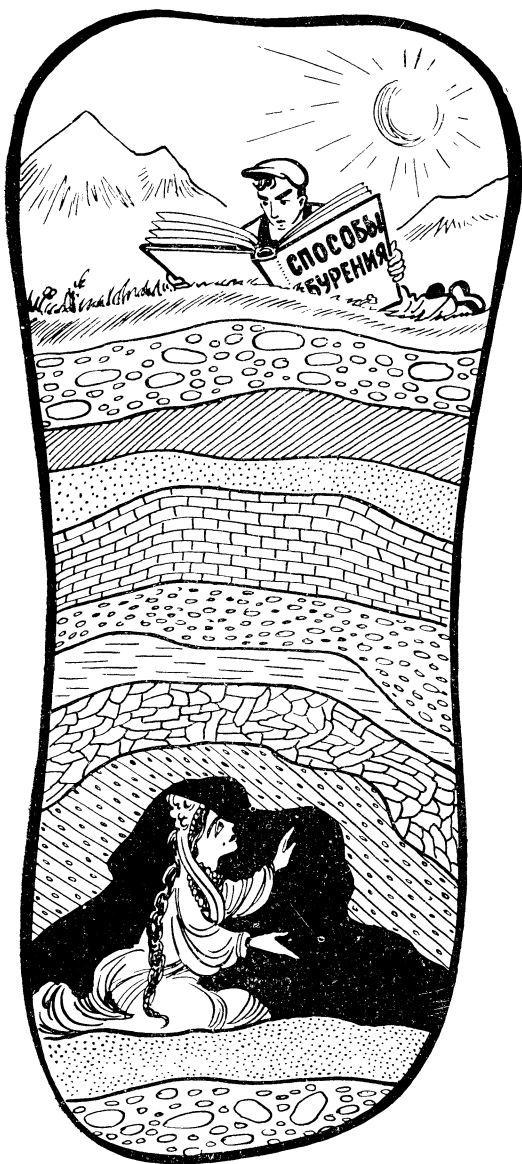
Нет, и не утопия и не фантастика. Научно обоснованная мечта, осуществление которой все приближается.

— Но ведь нефть жидкая, вода — тем более, — возразите вы, — а здесь речь идет о твердых металлах, о камнях руды. Как же выкачивать их по узким скважинам?

А точно так же, как насосы перекачивают по трубам, куда более узким, чем любая скважина, раствор, содержащий сурьму, из чанов для выщелачивания в ванны для электролиза, — отбросить всю добычу руды сурьмы, а процесс выщелачивания, растворения, перенести в недра Земли.

Для этого надо, конечно, пробурить к залежи сурьмы две скважины. Соединить их под землей третьей, горизонтальной. Может быть, опустить





Он найдет путь!

под землю какие-то управляемые сверху механизмы, которые бы размельчали руду в горизонтальной скважине, перемещаясь по ее сечению. В одну вертикальную скважину накачивать под землю под давлением соответствующую жидкость. Через другую выкачивать из-под земли раствор сурьмы. И прямо направлять на электролиз.

Да разве для одной сурьмы возможно применение этого метода? Гидрометаллургия — растворение того или иного вещества из руды с последующим выделением его для дальнейшей переработки — применяется в металлургии меди, кадмия, серебра, марганца, галлия, молибдена, кобальта и некоторых других. Кстати, такое подземное выщелачивание меди из руд давно уже применяется у нас на Урале. Почему же нельзя развить этот метод и широко внедрить его? Конечно, можно!

Кстати, подобным методом в Италии добывают серу. А ведь она тоже твердая, да к тому же почти ни в каких жидкостях не растворяется. Что же сделали? Спустили в скважину до месторождения серы трубу и подали по ней сжатый пар. Сера начала плавиться, и ее, жидкую, расплавленную, просто выкачивают насосами.

Аналогичным способом кое-где получают и пищевую соль: в скважину закачивают горячую воду, а выкачивают насыщенный раствор.

Вероятно, по этому пути пойдет будущее развитие горного дела. Причем, отказаться от шахт придется еще и потому, что они не могут обеспечить достаточно большой глубины добычи полезных ископаемых: ведь их глубина не может быть очень большой из-за повышения температуры с углублением в землю. В предельных существующих сегодня «глубинных» шахтах «Ист Рэнд» в Трансваале и «Чемпион Риф» в Индии — глубина этих шахт приближается к 3500 метрам — работать можно только при очень интенсивном искусственном охлаждении. А скважины не имеют пределов глубины (ведь в них работают только механизмы, без людей), и поэтому уже сегодня они вдвое превысили предельную глубину шахт.

Будущей металлургии понадобится спускаться под землю все глубже и глубже. Нет, несомненно, завоевание больших глубин земной коры осуществят буровые скважины, а не шахты.

И, конечно, верной спутницей этих скважин будет то, что мы сегодня называем гидрометаллургией.

ЦВЕТНИКИ МЕТАЛЛОВ

Особой совершенно проблемой является добыча рассеянных элементов. Так называют те элементы, которые не образуют рудных скоплений, не имеют собственных минералов, а находятся в виде ничтожных примесей во многих горных породах. Их атомы разбросаны в кристаллических решетках кристаллов, образованных другими веществами. В число их входят металлы скандий, галлий, рубидий, таллий, ниобий, индий, цезий, тантал, германий, селен, теллур, гафний, рений.

Да, правда, большинство из перечисленных здесь названий встречается только в периодической системе элементов Менделеева. Иные начали применяться лишь в последние годы и десятилетия. Так, между 1930 и 1940 годом нашли впервые применение индий и ниобий, а между 1940 и 1950 — галлий и германий. Некоторые — среди них иттрий, рубидий — не нашли и до сего времени применения ни в чистом виде, ни в виде сплавов или химических соединений. Но это вовсе не значит, что они не могут быть полезны человеку. Очень часто просто незнание тех или иных свойств элемента делало его бесполезным. Так было с титаном, который долгое время считали хрупким и непрочным. Так не находил применения германий — основа современной техники полупроводников. И для техники будущего, может быть, самый неизвестный из сегодняшних металлов окажется наиболее важным.

Сегодня рассеянные элементы получают из руд других металлов, в которые они входят, как правило, в ничтожном количестве. Но человеческая мысль непрерывно бьется в поисках иных, более обильных источников этих элементов. И тут внимание человека начинают привлекать бескрайние просторы зыбущегося волнами мирового океана.

Морская вода содержит в себе в растворенном виде почти все металлы, в том числе и редкие. Конечно, концентрация их очень невелика. Если натрия в ней содержится более одного процента по весу, то уже магния — второго по количеству металла — в ней имеется всего 0,14 процента. Еще меньше кальция и калия — по 0,04 процента. И, конечно, еще меньше рассеянных элементов. Но все же их не так уж мало. Рубидия, например, в ней содержится 0,0002 процента, лития — 0,00015, селена — 0,000 004, цезия — 0,000 002, германия — 0,000 001. Значительно меньше в морской воде скандия — 0,000 000 04 и радия — 0,000 000 000 000 1 процента. Ну, а если перейти с языка процентов на язык точных цифр, то это означает, что в каждом кубическом кубометре воды содержится 2 г рубидия, 1,5 г лития, 0,04 г селена, 0,01 г германия.

Обычно в подтверждение того, насколько велики запасы металлов, содержащихся в воде, приводят цифры из общего содержания в мировом океане. Получаются головокружительные величины. Оказывается, что в морской воде содержится 5,5 млрд. тонн скандия, еще большие количества германия, цезия, селена. Но...

Но ведь чтобы добыть этот скандий, надо пропустить сквозь какие-то фильтрующие аппараты всю воду океанов земного шара. Несбыточная, фантастическая даже в перспективе ряда ближайших столетий задача! И все-таки отказываться от сокровищ, содержащихся в морской воде, не следует. Надо найти способ концентрации этих металлов в отдельных местах.

Но как это сделать? Каким способом «заманить», например, атомы растворенного в воде золота из всего мирового океана в одно Азовское море? Или весь германий — в воды Финского залива?

Нечто подобное (конечно, в значительно меньших масштабах) можно сделать с помощью морских животных и растений: ведь металлы входят в состав и живых организмов, причем нередко играют там очень важную роль.

Так, железо является важнейшей составной частью гемоглобина крови. Благодаря ему имеет красный, ржавый, цвет наша кровь. Лет полтораста назад, когда определили химический состав крови, один влюбленный юноша решил подарить своей невесте обручальное кольцо, сделанное не из золота, а из железа, добытого из собственной крови. Трогательная история не имеет конца: во всем организме человека вряд ли найдется столько железа, чтобы из него можно было сделать обручальное кольцо. Его там всего несколько граммов.

В человеческом организме имеются цинк, медь, кобальт. Считают, например, что наличие никеля в человеческих волосах делает их светлыми, титан придает им золотистый оттенок. молибден делает их ярко-красными, рыжими. Даже такие редкие металлы, как уран и радий, входят в состав человеческого организма.

Металлы входят и в состав животных, насекомых, растений, водорослей, одноклеточных организмов. Причем, самое интересное, многие растения и водоросли могут концентрировать в своем организме те или иные металлы. Так, в теле асцидий Кольского залива содержится до 0,5 процента ванадия, хотя содержание его в морской воде составляет всего 0,000 005 процента.

Один из видов болотного хвоща накапливает в своем организме золото. Даже при концентрации его в почве всего в 0,1 г на тонну зола хвоща имела его свыше 600 г на тонну.

В морских растениях сосредоточено примерно в 100 раз больше радия, чем в воде.

Не отстают и сухопутные растения. Так, в одном грамме сухого вещества гриба-дождевика содержится до 0,25 г цинка. Зола некоторых растений, живущих на богатой цинком почве, содержит в каждом килограмме до 294 г этого металла. Это уже настоящий концентрат цинка, могущий пойти без дальнейшего обогащения прямо на переплавку.

Зола некоторых трав и листьев содержит до 0,001 процента германия, хотя его среднее содержание в почве не превышает 0,000 000 7 процента.

В золе одного из видов лавров обнаружено до 15 процентов марганца.

Что ж, геохимики знают, что эта удивительная способность живых организмов концентрировать в себе те или другие элементы не раз была причиной образования мощных залежей ископаемых. «Железные, марганцевые, алюминиевые руды в очень большой, может быть главной. части связаны с явлениями жизни, — писал основатель интереснейшей новой науки, биогеохимии, академик В. И. Вернадский. — Она даст начало фосфорным отложениям, селитрам, самородной сере. По-видимому, с нею связано образование некоторых рудных отложений: меди, ванадия, серебра, свинца...» Живое вещество — самый стремительный, в геологическом смысле слова, концентратор тех или иных веществ.

Так почему не воспользоваться этой удивительной способностью живых организмов концентрировать в себе те или иные вещества для их добычи? В первую очередь, видимо, для их добычи из вод океана.

Человек много столетий занимался «усовершенствованием» яблоки — и из лесного дичка с кислыми, почти несъедобными, величиной с орех плодами вывел он десятки сортов с плодами самых разнообразных свойств: сладкими, мягкими, способными долго не портиться, кислыми,

твердыми и т. д. Человек занялся пшеницей — и еще сегодня ученые как следует не представляют, кто является ее диким предком, так сильно изменила она свой характер. А как непохожи приземистая такса или скуластый бульдог на своего прародителя — волка. Все это — вмешательство человека.

Но никогда ни один генетик не ставил перед собой задачи вырастить сорт капусты, в листьях которой содержалось бы предельно возможное количество германия или лития, вывести породу свиней, в костях которых концентрировался бы теллур или актиний. А, наверное, такая задача вполне осуществима.

По всей вероятности, для такой цели наиболее подходящи простейшие одноклеточные организмы — бактерии разных видов, водоросли и грибки. Они наиболее быстро размножаются, наиболее легко изменяют свою природу под действием различных искусственных воздействий, которыми располагает современная генетика. Так, исходный грибок пенициллина имел активность всего 40—80 условных единиц. Ученые взялись за его «воспитание». Они облучали его рентгеновскими и ультрафиолетовыми лучами, отбирали лучшие экземпляры, и сегодня продуктивность этого грибка превышает 1000 единиц. Вероятно, также в сотни раз можно будет поднять за короткий срок и способность простейших организмов концентрировать редкие элементы. Интересно отметить, что в СССР, США, Канаде и в Англии ведутся работы по использованию бактерий для переработки руд, например сульфидов меди, путем окисления и перевода их в растворимое состояние.

В 1934 году чехословацкие химики Бабиčka и Неман обнаружили, что зола некоторых растений, выросших в окрестностях города Ослани, содержит на каждую тонну до 10 г золота. Почвы в этой местности имели в своем составе не более 0,2 г золота на тонну породы.

«Ну, а не происходит ли дальнейшей концентрации этого металла в живых существах, питающихся этими «золотоносными растениями»? — задали они себе вопрос.

Ответ оказался положительным. В золе майских жуков оказалось — в пересчете на тонну — до 25 г золота!

Возможно, что и искусственную концентрацию тех или иных веществ надо будет осуществлять в два приема. Первую ступень будут осуществлять растения или бактерии, вторую — насекомые или рыбы.

И еще об одном интересном открытии нельзя не упомянуть здесь.

Началось все с сообщения об опытах жившего в первой половине XIX века химика Фогеля. Он высевал семена салата в стеклянную крошку, не содержащую серы ни в чистом виде, ни в виде соединений. Поли-

вал он эти растения дистиллированной водой, закрывал стеклянным колпаком, чтобы соединения серы не попали к растению с воздухом. Затем он сжег растение и определил, что в золе его содержится серы вдвое больше, чем было ее в семенах растения. Откуда взялся этот избыток серы?

В 1876—1883 годах эти опыты повторил один берлинский биолог. Он расширил рамки опыта, стараясь определить приходно-расходный баланс растения не только по сере, но и по калию, фосфору, кальцию, натрию, магнию. И оказалось, что в этом балансе концы никак не сходятся с концами. «Приход» элементов к растению никак не соответствовал наличию их в золе после сжигания.

Французский профессор Беранже совсем недавно проверил еще раз опыты Фогеля. Используя все достижения тончайшей экспериментальной техники середины XX века, принимая все предосторожности, ведя опыт с абсолютной точностью и повторив его достаточно большое количество раз, он подтвердил еще раз: да, приходно-расходный баланс растений по ряду веществ не сходится.

Ученый сделал из этого смелый вывод, что в глубинах зеленого листа растения вершатся превращения одних элементов в другие. То, что с огромным трудом удастся совершить в ничтожных масштабах в гигантских циклотронах, осуществляется растениями без видимого усилия и, конечно, в несравненно больших масштабах.

Трудно, очень трудно поверить в гипотезу Беранже. Нам кажется, что его опыты подтверждают другое: удивительное умение растений выискивать и ассимилировать мельчайшие количества нужных ему для роста веществ. И это еще раз подтверждает необходимость и целесообразность применения их для концентрации рассеянных элементов.

...На календаре — год, который мы сегодня считаем в отдаленном будущем. Мы — в этом году. И наш электромобиль, уже давно заменивший бензиновые неудобные автомобили, плавно скользит по пластмассовому шоссе. Кругом — поля, расцветшие прекрасными голубыми цветами, формой напоминающими маки.

Не ищите этого растения в ботаническом атласе. Оно было выведено совсем недавно. И не красотой цветка, не крепкими нитями волокон, не вкусом и питательностью плода важно оно для людей. Нет, здесь другое. Это растение — концентратор рения — металла, приобретшего в последние годы чрезвычайно большое значение для техники полупроводников.

А на противоположной стороне дороги, по которой медленно едет наш электромобиль, растет виноград. Нет, он тоже необычный. В его тяжелых оранжевых ягодах, кистями которых щедро покрыты ветви, содержится другой редкий металл — рубидий — в концентрациях, в де-

сять тысяч раз превышающих содержание его в местной почве. Сорт этого винограда, который не подают к столу и не используют для изготовления вина, также искусственно выведен генетиками. Из каких тайников набирает странный виноград сотни килограммов редкого металла с каждого гектара земли — его тайна. Да нам она сейчас и не важна...

Урожаи этих металлоносных растений поступают не на пищевые фабрики, а на металлургический завод. Голубые маки и оранжевый виноград — по существу руда для этого завода. Руда, искусственно выращиваемая в поле. Живая руда.

А может быть, будет по-другому. Может быть, подъехав по шоссе к берегу моря, мы увидим гигантский завод. Главный инженер расскажет нам о его устройстве. Это окажется биохимико-металлургический завод по производству еще какого-нибудь очень важного и очень рассеянного металла. Мощные насосы засасывают морскую воду и пропускают ее через гигантские башни. В них живут и размножаются микроскопические грибки, обладающие способностью извлекать из воды ее сокровища. А уже из этих грибков, как из руды, выплавляют в электропечах драгоценные металлы.

Может быть, нам здесь же покажут засеянные водорослями-концентраторами подводные луга и весь процесс извлечения из их золы не только йода, как это делается и сегодня, но и других редких элементов...

Но это уже детали. Не в них главное. Главное в том, что биологические концентраторы несомненно будут использоваться человеком для добычи редких металлов. И время их близко.

ИСКУССТВЕННАЯ РУДА

Впрочем, возможно, что на помощь металлургам, ищущим руды рассеянных элементов, придут не биологи и генетики, а физики-атомщики.

Алхимиков в средние века мучили две проблемы. Они искали, во-первых, философский камень, обеспечивавший его владельцу вечную молодость, во-вторых, рецепт превращения простых металлов в драгоценное золото. А рядом средневековые механики изобретали вечный двигатель.

Сколько труда, бессонных ночей, страстей, сердец, жизней было отдано этим химерическим задачам! И как разны взгляды сегодняшней науки на эти три проблемы.

— Вечный двигатель невозможен, — утверждают физики, ссылаясь на закон сохранения энергии. Поиски вечного двигателя стали символом бесполезной затраты труда, вроде возни крыловской мартышки с бревном.

— Трудно сказать, возможна ли вечная молодость, вечная жизнь, — отвечают биологи и врачи. — По всей вероятности, человеческая жизнь может длиться и двести и триста лет. Пока мы не знаем никаких причин, которые делают невозможной мечту о вечной молодости. Но решение этой задачи еще не найдено. Нужен длительный труд, который, вероятно, займет несколько поколений ученых, прежде чем будут найдены способы борьбы с механизмом старения или открыт закон природы, который установит непреодолимую границу продолжительности жизни.

— Бесспорно, превращение одних элементов в другие возможно, — радостно сообщают физики. — Мало того, мы осуществляем уже эти превращения. Мы в промышленных масштабах вырабатываем металл плутоний, которого нет в природе, но который нужен энергетикам. В Москве недавно открыт магазин, в котором продаются изотопы элементов, в том числе и такие, которые «живут» несколько часов, несколько дней или недель. Мы изготавливаем все эти изотопы, их также нет в природе. Изготавливаем мы и золото. Не только такое, какое встречается в природе, но и восемь его разновидностей, отличающихся от обычного весом ядра, но подобных по всем химическим свойствам.

Да, то, что было не по плечу средневековым алхимикам, под силу сегодняшней физике. Правда, искусственное золото пока еще стоит значительно дороже, чем добытое на Лене или в Клондайке. Правда, что изотопы еще очень дороги. Но ведь был бешено дорогим и первый алюминий. Дорого стоил и первый титан. И первый сверхчистый кремний. А теперь алюминий общераспространенный бытовой металл, титан грозит вытеснить железо, а для изготовления кремниевых солнечных батарей построена автоматическая линия, демонстрировавшаяся в 1959 году на Выставке достижений народного хозяйства СССР.

Превращения элементов осуществляются путем ядерных реакций. Они в огромном большинстве уже четко прослежены физиками. Они могут заранее предсказать, каков будет ход ядерной реакции в результате такого-то и такого-то взаимодействия, четко предвидеть все последствия того или иного ядерного эксперимента. А значит, они могут осуществлять превращения элементов не вслепую, что-де получится, а твердо по плану.

И однажды известный металлург академик И. П. Бардин развернул в беседе удивительную перспективу будущей металлургии.

— Мы живем в атомный век, — сказал он. — Человек уже овладел не слабыми ненадежными временными связями атомов в веществе, а несравненно более важными и глубокими связями элементарных частиц атомного ядра. И, конечно, это принципиальное достижение ученых нашего времени должно найти применение и в металлургии...

Строгий ученый рисует удивительную картину металлургического завода будущего. Из печи льется в кристаллизатор непрерывной разливки сталь. С обеих сторон к струе приближаются какие-то темные груши.

Оказывается, это излучатели. Под действием их излучения в глубине огненной струи взрываются ядра вредных для металла элементов — серы и фосфора и ядра другого дешевого элемента, который специально добавлен в эту сталь. Этот элемент подобран таким образом, что при облучении он превращается в металл, добавка которого как раз нужна этой марке сплава.

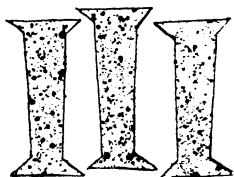
Сталь льется в кристаллизатор, и через несколько секунд из него выходит алая колбаса пышущего жаром металла. А ведь его химический состав уже не тот, что был у металла, изливавшегося в кристаллизатор. И еще несколько дней будет изменяться состав: это время, в течение которого распадутся все образовавшиеся в результате облучения коротко живущие элементы. После этого он пойдет в дело — добротный металл, в составе которого немало созданных человеком, а не взятых у природы химических элементов.

Вероятно, этим же способом,— продолжает ученый,— изменением структуры атомных ядер, искусственным превращением элементов, можно будет получать руды редких и рассеянных элементов. Возможно, появится целая отрасль промышленности — радиационная металлургия, которая будет заниматься изготовлением редких химических элементов из распространенных...

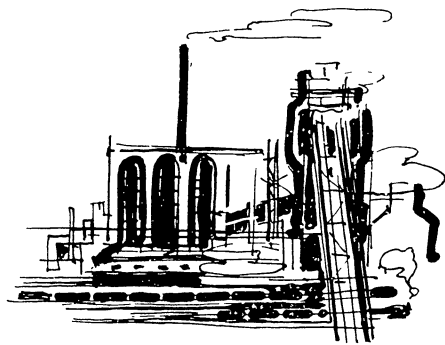
Удивительную картину нарисовал ученый. И трудно сказать сегодня, кто первым решит задачу обеспечения человечества рассеянными металлами — генетики ли выведут интенсивных живых концентраторов, физики ли разработают экономически целесообразные технологические процессы изготовления редких ядер элементов из широко распространенных в природе.

Разные пути ведут в будущее. Наука, техника, а за ними и промышленность пойдут по тому, который окажется легче и короче. Ведь всем хочется поскорее в это удивительное будущее.





ГЛАВНЫЙ МЕТАЛЛ



Впервые этот металл попал в руки человека еще во времена каменного века. Шесть тысяч лет назад древние египтяне делали из него украшения. Наверное, они ценились даже дороже золотых, так как этого металла было тогда меньше, чем золота: ведь только в упавших на землю метеорах находил его иногда человек.

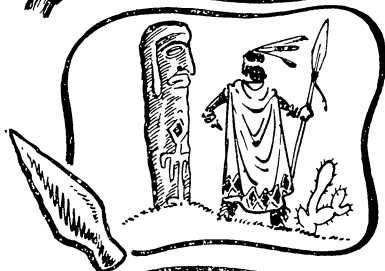
Во втором тысячелетии до нашей эры, четыре тысячи лет назад, этот металл научились выплавлять из руд. Вероятно, первые металлурги, открывшие секрет его производства, жили в странах Древнего Востока — в Египте и Месопотамии. Во всяком случае, в щелях пирамиды Хеопса найдены обломки сделанных из него орудий. Более трех тысяч лет назад с ним познакомились греки и древние народы Закавказья. В Китай этот металл проник еще лет на пятьсот позже. А аборигены Америки и Австралии узнали о нем всего несколько сотен лет назад. Не радостным для них бы-

		26	1
		Fe	
		Железо	
		55,85	

ло это знакомство! Новый металл полностью вытеснил камень как материал для изготовления орудий труда и оружия. Из него делали мечи и топоры, посуду и украшения, лемехи плугов и молоты кузнецов. Он вытеснил и бронзу, именем которой был назван целый период в истории человечества. И дал свое имя новой эпохе...

Историки не распространяют название этой эпохи на наше время, обрывая ее где-то в начале нашей эры. Но это не значит, что он стал не нужен. Нет, тысячи новых применений нашел он за минувшие тысячелетия. Многократно улучшили его свойства металлурги, нашли новые удивительные возможности и качества. В тысячи раз выросла его выплавка.

Но особенно стремительным был рост производства этого металла в последнем столетии. Так, если в 1840 году во всех странах мира было



выплавлено его около 2,3 млн. тонн, а в 1897 году эта цифра выросла до 3,3 млн. тонн, то в 1960 году она превалила за 225 млн. тонн.

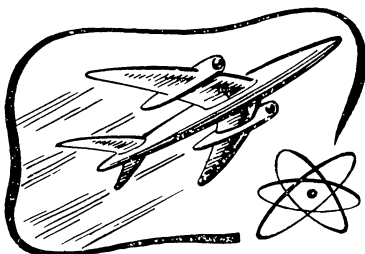
Если еще в XVIII веке из главного металла делали оружие, корабельные цепи и якоря, гвозди, пуговицы и пряжки, напильники, ножи, пилы и топоры и этим по существу ограничивался список его применений, то в XIX и XX веках число изделий из него растет с головокружительной быстротой.

В 1779 году в Англии из главного металла был построен первый мост. Сколько теперь таких мостов переброшено через реки и пропасти, каналы и проливы — не сосчитать!

В 1787 году на воду было спущено первое судно, сделанное из этого металла. Это была речная шаланда водоизмещением тонн в двадцать. А сколько сегодня таких судов, настоящих плавучих островов водоизмещением в десятки тысяч тонн, бороздят все моря и океаны нашей планеты!

В 1788 году в Париже вступили в строй первые сорок миль водопровода, сделанного из того же материа-

От эпохи к эпохе возрастало значение металла в жизни человека.



ла. А сегодня нити трубопроводов оплели все континенты. На тысячи километров перекачивают по ним воду, нефть, газ...

Но главным потребителем главного металла стали дороги, названные его именем.

14 июня 1830 года на конкурсе паровозов победила «Ракета» — машина, построенная шахтером и механиком Джорджем Стефенсоном. Она развила скорость до 30 км в час. «Летела, как ветер», — говорили лондонцы. И это было поистине днем рождения нового транспорта. Нет, наверное, сегодня ни одного человека в нашей стране, которому бы хоть раз в жизни не пришлось воспользоваться его услугами.

По меткому выражению академика И. П. Бардина, весь фундамент современной материальной культуры человечества зиждется на нескольких миллиардах тонн этого металла, добытого трудом людей из руд и воплощенного в станки, машины, сооружения.

Имя этого металла — главного в истории человечества — железо.

НА ВЕС ЗОЛОТА

Очень немногие люди — сотрудники специальных научно-исследовательских институтов, специалисты-металлурги — могут похвастаться, что они хоть раз в жизни держали в руках самый небольшой слиток чистого железа.

Да, да, не удивляйтесь! По всей вероятности, с вами этого не было. Ибо все то, что мы называем железом, в действительности является чугуном или сталью — сплавами железа и углерода. А по-настоящему чистое железо бывает только в лабораториях, и методы его освобождения от примесей столь сложны, что после очистки оно, вероятно, оказывается не дешевле золота.

Чистое железо — блестящий, серебристо-белый, вязкий и ковкий металл. Оно плавится при 1539 градусах, кипит при температуре около 3000 градусов и крайне непрочно. Из него нельзя построить мост или каркас высотного дома, корпус судна или деталь машины. Только на изготовление безделушек-украшений и можно бы было его использовать да на изготовление некоторых предметов домашнего обихода, вроде ведер и кувшинов. Но, к счастью, железо может быть и прочным... как сталь.

Ученые не раз делали беспредельно простой и в то же время чрезвычайно сложный опыт — клали в фарфоровый тигель кусочки железа, ставили его в электрическую печь и начинали нагревать. Проходили минуты, поднималась температура металла, и вдруг — остановка. По-прежнему отсчитывает киловатт-часы электросчетчик — это значит, что тепло

по-прежнему поступает в печь. Но стрелка термометра застыла на одном делении и не движется. Проходит минута, вторая... И вдруг стрелка вздрагивает, и возобновляется равномерное повышение температуры, соответствующее течению времени.

И снова остановка... Тепло подводится к металлу, а температура его не повышается. И снова начинается повышение температуры... Опять остановка, равномерный подъем — и еще одна остановка. Последняя — металл плавится.

Эти остановки всегда, когда мы имеем дело с чистым железом, происходят при одних и тех же температурах. Первая остановка при температуре 768 градусов, вторая — при 910 градусах, третья — при 1400 градусах. А при 1539 градусах, мы говорили, железо плавится.

Нагревание напоминает подъем на лестницу, перемежающуюся широкими горизонтальными площадками. Так же, переходами с площадки на площадку, происходит и остывание металла. Что это за площадки?

Ответить на этот вопрос было нелегко. И первым ответил на него человек, который без всяких термометров и электрических счетчиков невооруженным глазом наблюдал остывание стальных болванок в цехе завода. Это великий русский металлург Дмитрий Константинович Чернов. Он заметил эти площадки.

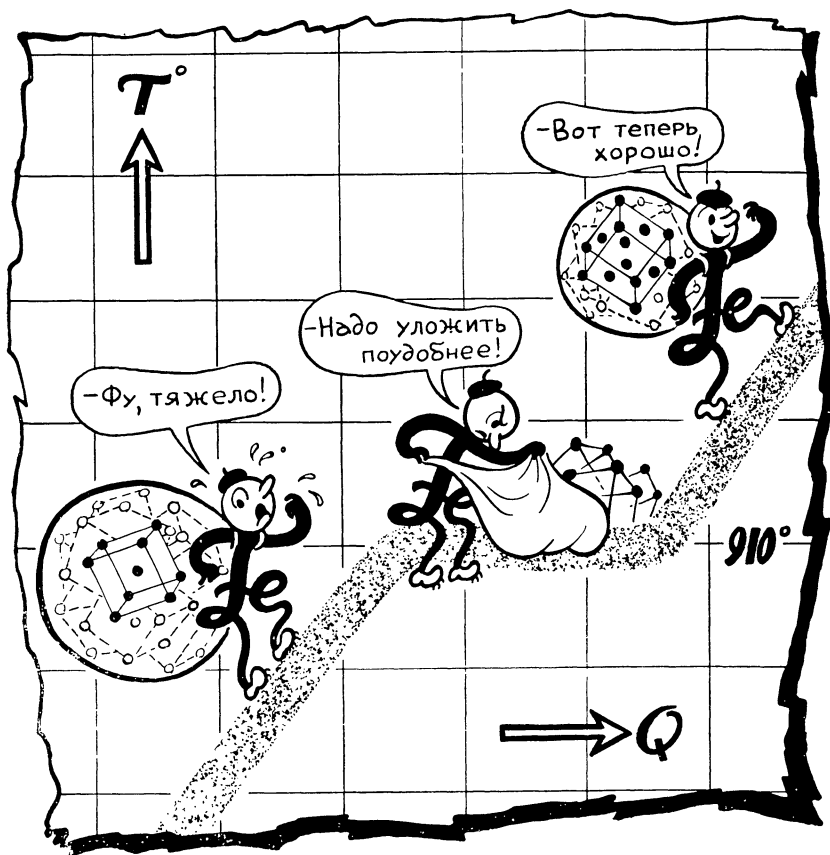
Сегодня ученые глубоко разобрались в этом вопросе. И вот что они рассказывают.

Первая остановка связана с потерей магнитных свойств железа. До 768 градусов оно магнитно, выше — нет. Наоборот, при охлаждении ниже этой температуры железо становится магнитным. При 910 градусах происходит перестройка всей кристаллической решетки железа. Если до этой температуры атомы железа в кристаллах образовывали кубики и занимали свои места в углах этих кубиков и в центрах их — такая кристаллическая решетка называется объемноцентрированной, — то теперь они образуют кубики, атомы в которых находятся в вершинах кубов и в центрах их граней, — так называемую гранецентрированную кристаллическую решетку. Вот на эту перестройку и затрачивается тепло, когда его подводят к металлу, а температура остается постоянной.

В гранецентрированном кубе содержится на пять атомов металла больше, чем в объемноцентрированном, «упаковка» их здесь плотнее. Поэтому железо меняет при переходе через эту температуру свой объем. Изменяются и некоторые другие его свойства.

При температуре 1401 градус снова происходит изменение кристаллической решетки железа. Выше этой температуры она опять становится объемноцентрированной кристаллической решеткой. И такой остается до температуры плавления.

Железо легко образует сплавы почти со всеми металлами, кроме ще-



Вот для чего нужна «остановка».

лочных и щелочноземельных, и отказывается в большинстве случаев сплавляться с серебром, ртутью, галлием, свинцом и висмутом.

Но самым важным из сплавов железа является его сплав с углеродом. Вот он-то и образует стали.

ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО ЧУГУНАМ И СТАЛЯМ

Как это ни странно на первый взгляд, по-настоящему изучены только те сплавы железа с углеродом, в состав которых входит не больше 6,67 процента углерода. Но вот эти-то сплавы, содержащие от долей про-

цента углерода до шести с лишним его процентов, и составляют все многообразие углеродистых сталей и чугунов, которыми располагает современная техника. Малейшее изменение содержания углерода, мало того — изменение условий, при которых образовался тот или иной сплав, например, быстро он охлаждался или нет, уже изменяют его свойства.

Путем проведения тысяч опытов ученые построили так называемую диаграмму состояния железоуглеродистых сплавов. Выяснилось, что для того, чтобы предвидеть, какими свойствами будет обладать тот или иной сплав, надо знать всю историю его образования — с момента начала застывания и до охлаждения до комнатной температуры, а то и ниже. Вот это и изображает знаменитая диаграмма. Значение ее для черной металлургии не менее, пожалуй, велико, чем значение таблицы Менделеева для химии. Познакомимся же с диаграммой состояния.

На нижней линии — ее называют абсциссой — нанесено процентное содержание углерода в железе. Крайняя левая точка соответствует сто-процентному содержанию железа, крайняя правая — 6,67 процента углерода. Это именно то содержание углерода, которое соответствует химическому его соединению с железом. Это соединение химики называют карбидом железа, а металлурги — цементитом. Цементит в чистом виде является чрезвычайно твердым и хрупким веществом. Он легко царапает стекло и имеет нулевую пластичность.

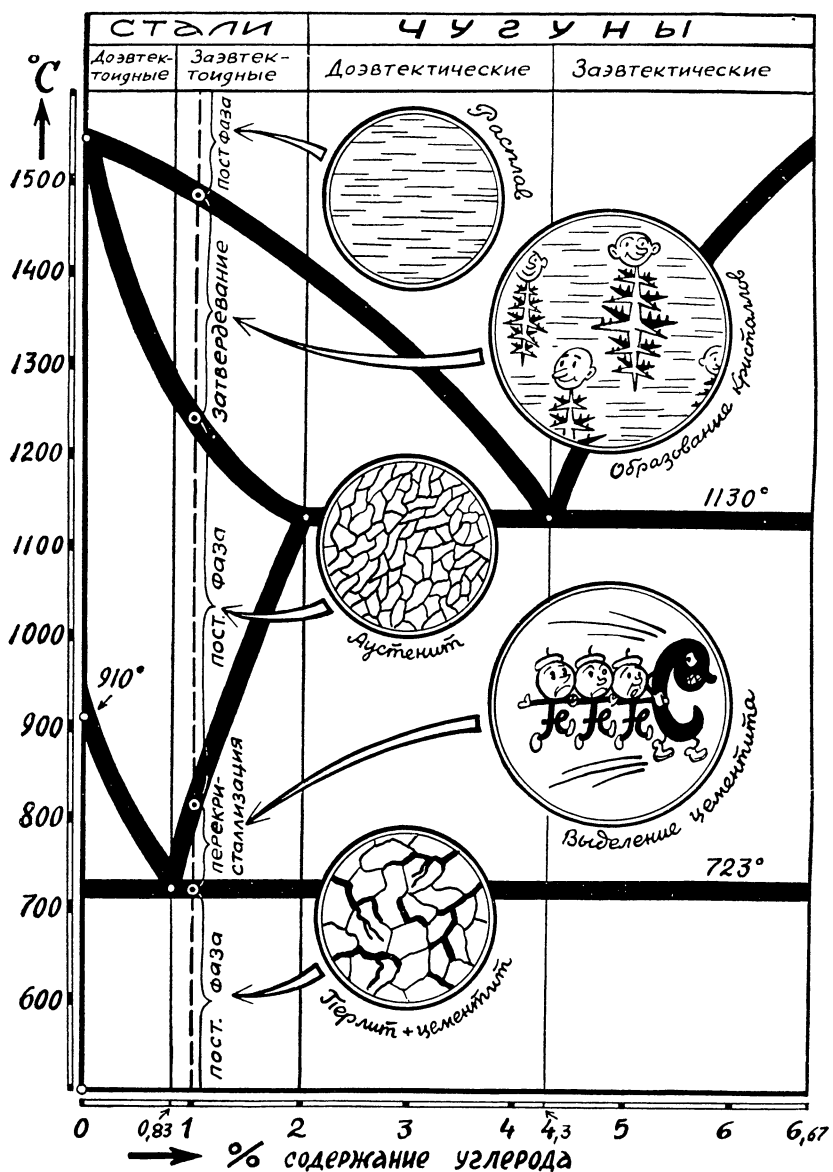
Часть диаграммы состояния сплава железа с углеродом, следующую за 6,67 процента последнего, можно рассматривать как диаграмму состояния сплава цементита с углеродом. Ее исследованиями занимались многие ученые как у нас, так и за границей. Но практического значения эти сплавы не имеют, и мы не будем интересоваться сегодня ими.

На вертикальной линии диаграммы состояния сплавов железа-цементита — так называемой ординате — отмечают температуру. Поле между этими линиями занимают различные состояния сплава.

Верхняя линия диаграммы — линия ликвидуса. Выше ее существует только жидкий раствор углерода в металле. На этой линии при снижении температуры начинается застывание расплава.

Линия ликвидуса по мере увеличения углерода в металле сначала снижается, но потом резко начинает расти. Это означает, что температура начала застывания различна у сплавов, содержащих разные количества углерода. Минимальную температуру имеют сплавы, содержащие 4,3 процента углерода. Это самая низкая точка плавления сплава. Она соответствует самому легкоплавкому сплаву — эвтектике. Этот сплав железа с углеродом плавится при температуре 1130 градусов.

Следующая за линией ликвидуса вниз по диаграмме — линия солидуса. Она начинается в той же точке, что и линия ликвидуса, — мы знаем, что чистые металлы имеют определенную точку плавления, — затем резко снижается и вдруг из кривой линии превращается в прямую.



Судьбы бесчисленного семейства чугунов и сталей читает металлург по этим линиям.

Это превращение происходит при двух процентах содержания углерода и температуре эвтектики 1130 градусов. Отметим здесь же, что два процента углерода — это максимальное его количество, которое может находиться в железе в виде твердого раствора.

Вся область между линиями ликвидуса и солидуса, — их названия происходят от греческих корней, — это область, в которой сплав находится частично в твердом, частично в жидком виде. В области диаграммы до эвтектики из расплава начинают выделяться кристаллы твердого раствора углерода в железе. В заэвтектоидной области из расплава выделяются кристаллы цементита. На линии солидуса происходит окончательное затверждение расплава. Ниже ее сплав бывает только в твердом состоянии. Но изменения его далеко еще не завершены.

Найдите точку, соответствующую на диаграмме состоянию чистого железа, нагретого до температуры 910 градусов. У чистого железа эта линия соответствует одной из «площадок» — той самой, на которой происходит при нагревании перекристаллизация из объемноцентрированной кристаллической решетки в гранецентрированную, а при остывании — наоборот. Из этой точки также выходит какая-то линия, круто спускается до температуры 723 градуса при содержании углерода 0,8 процента и также круто поднимается к уже известной нам точке — 1330 градусов и 2 процента углерода.

На этой линии в сплаве начинается перекристаллизация. Выше этой линии кристаллическая решетка железа гранецентрированная.

Через самую нижнюю точку этой кривой проведена горизонтальная линия. На ней кончается перекристаллизация сплава.

На диаграмме состояний сплавов железо — углерод есть и еще целый ряд линий, главным образом в той области, которая относится к сплавам с малым количеством углерода. Мы не будем рассказывать подробно об этих линиях, которые также свидетельствуют о тех или иных превращениях в сплавах.

Для того чтобы разобраться, что же все-таки может сообщить нам наша диаграмма, рассмотрим застывание сплава, содержащего, например, около одного процента углерода.

При температуре около 1470 градусов, скажете вы, глядя на диаграмму, из расплава начнут выделяться частицы твердого сплава железа с углеродом, имеющие кристаллическую гранецентрированную решетку. Такая структура железа и углерода называется аустенитом.

Аустенит мягок, пластичен, это хорошо знают кузнецы, которые нагревают металл до высокой температуры, прежде чем начать его ковать.

При температуре чуть ниже 1250 градусов весь металл затвердеет. Крупные кристаллы аустенита заполняют весь объем расплава. Углерод,

содержащийся в сплаве, в это время весь растворен в нем. Он вклинивается в самую середину гранецентрированной кристаллической решетки. А так как свободное имеющееся там место мало для него, он несколько деформирует, раздвигает всю ее структуру.

Аустенит сохранит свою структуру до пересечения со следующей линией. Это пересечение произойдет при температуре чуть выше 800 градусов.

В нашем аустените содержится, как мы условились, один процент углерода. Он отлично растворился в металле при застывании; весь аустенит при высоких температурах может растворить до двух процентов углерода. Но теперь, когда мы охладили металл до температуры в 800 градусов, столько углерода раствориться в аустените не может. Углерод начинают выбрасывать из кристаллических решеток. Но он уходит не один, а только прихватив с собой на каждый атом по три атома железа в виде химического соединения — карбида железа или цементита.

Это выделение цементита будет продолжаться до температуры 723 градуса, при которой в металле останутся растворенными всего 0,8 процента углерода. И при этой температуре весь оставшийся аустенит превратится в перлит. Это тонкая структура, состоящая из зерен феррита с объемоцентрированной, то есть почти не содержащей растворенного углерода, кристаллической решеткой. Таким он будет оставаться и при нормальной температуре.

Возьмем сплав с содержанием углерода в 0,8 процента. Нагреем выше 723 градусов, чтобы попасть в область аустенита. Выдержим его там некоторое время, чтобы быть твердо убежденными, что весь цементит распался и углерод занял свое место в кристаллах твердого сплава.

Теперь начнем медленно охлаждать сплав. Лучше всего тигель с ним не будем извлекать из электропечи, где мы осуществляли его нагрев, а просто выключим ток. Пусть металл остывает вместе с печью.

Этим способом мы и получим перлит, о котором уже говорили. Измерим его твердость. Окажется, что она равна 200 единицам.

Другой такой же тигель с металлом вынем из печи и дадим ему остыть на воздухе. Измерим твердость. Ого, оказывается, чистый воздух способствовал укреплению здоровья металла! Твердость равна 300 единицам.

Металл из третьего тигля охладим в горячем масле. И масляная ванна полезна металлу. Твердость уже 400 единиц.

И тогда металл из последнего тигля опустим в воду. Взлетает облако пара. Но вот вода перестает кипеть. Достаем слиток и измеряем твердость. Не только спортсменам, но и металлу полезны водяные ванны. Твердость уже 600 единиц — в три раза больше, чем у металла, оставшегося в печи!

Имея перед глазами диаграмму состояния сплава железа и углерода, металлург всегда может сказать, до какой температуры надо нагреть того или иного состава сплав, чтобы закалить его, если он мягкий, или, наоборот, отпустить, если он твердый.

Уже не делая опыта, мы можем вывести из диаграммы и другую закономерность. Чем больше содержится в сплаве углерода, тем он более твердый. Это и понятно: в нем будет содержаться все больше химического соединения железа с углеродом цементита — твердого и хрупкого, и все меньше и меньше феррита — твердого раствора углерода в железе.

Сплавы, содержащие до двух процентов углерода, принято называть сталями. Два процента — это максимальное количество углерода, которое может быть еще растворено в аустените.

Сплавы, содержащие больше двух процентов углерода, называются чугунами.

Вот, оказывается, в чем главное различие между двумя великими братьями сплавами! Мы узнали его, знакомясь с удивительной диаграммой — настоящим путеводителем по чугунам и сталям.

Еще раз пройдем по этой диаграмме.

Мягкие стали с содержанием углерода до 0,3 процента можно гнуть, штамповать, вытягивать в холодном состоянии. Их хорошо берет резец, снимая длинную неломкую стружку. Они хорошо свариваются, легко режутся огнем. Но не пытайтесь их закалить: они почти не принимают закалки.

Стали, содержащие больше углерода — до 0,7 процента, прочны, упруги, но все же достаточно хорошо обрабатываются. И резко увеличивают свою прочность, если их подвергнуть закалке.

Все эти стали называются конструкционными. Из них делают бесчисленные детали машин, валы, оси, бандажы, железнодорожные мосты, фермы, балки, болты, гайки, гвозди, пружины и т. д. и т. д. Конечно, для каждого изделия подбирают свой сорт стали.

Еще более высокую твердость имеют стали с содержанием углерода выше 0,7 процента. Эти стали — до 1,3 процента содержания углерода — называют инструментальными. Из них делают инструмент для обработки металлов. Конечно, перед тем как пустить этот инструмент в работу, его закаливают. И сталь становится очень твердой.

Еще дальше начинается область чугунов. Совсем недавно он шел только на отливки грубых деталей, таких, как станины станков, да на переработку в сталь. А сегодня даже коленчатые валы автомобилей нередко делают из чугуна, так улучшились его качества. Но о чугунах нам еще придется говорить отдельно.

ЗДЕСЬ ВАРЯТ ЭЛЕКТРОСТАЛЬ — МЕТАЛЛ. ПРЕВОСХОДЯЩИЙ ПО КАЧЕСТВУ БУЛАТ ДРЕВНИХ МАСТЕРОВ



...Химик, пользуясь периодической таблицей элементов Менделеева, может многое сказать о свойствах того или иного металла, зная только его место в периодической системе элементов. Metallург, имея в руках диаграмму состояния железоуглеродистых сплавов, не меньше может сказать о качествах той или иной стали, хотя он и никогда не имел с такой сталью дела.

ПУТИ, ВЕДУЩИЕ К ДОМНЕ

Металлургический завод — очень впечатляющее зрелище. Он потряс воображение писателя Александра Куприна еще шестьдесят лет назад, в самом начале нашего века. Молохом, по имени древнего божества, которому приносили человеческие жертвы, назвал его писатель.

«Это была страшная и захватывающая картина. Человеческий труд кипел здесь, как огромный, сложный и точный механизм. Тысячи людей — инженеров, каменщиков, механиков, плотников, слесарей, землекопов, столяров и кузнецов пришли сюда, чтобы, повинаясь железному закону борьбы за существование, отдать свои силы, здоровье, ум и энергию за один только шаг вперед технического прогресса».

Изменилась социальная сущность завода. Изменились профессии людей, дающих жизнь его гигантским сочленениям. Но еще величественнее стал его облик.

Сердце всякого металлургического комбината — его доменные печи. Это к ним ведут протянувшиеся на десятки и сотни километров нити железных дорог от рудников, каменноугольных шахт и известковых карьеров. Это к ним тянутся трубы водопроводов, способных перекачивать целые реки. Это их обступили здания вспомогательных цехов, столь огромных, что их считают самостоятельными предприятиями, — агломерационных фабрик, коксохимических заводов, сталелитейных и прокатных цехов, железных башен кауперов, рудных дворов и многих других подсобных цехов.

Часть из этих предприятий служит для того, чтобы обеспечивать непомерно большой аппетит доменных печей. Другие служат для переработки того, что дает домна.

Словно нити к центру паутины, сходятся к домне судьбы многих веществ. И словно лучи от звезды, расходятся от нее лучезарные судьбы сверкающего металла, драгоценных шлаков, горячего газа.

Есть только один, видимо, путь разобраться в пестром переплетении этих нитей — проследить каждую из них до того круто затянутого общего узла, который и называют доменной печью.

Руда...

Для того чтобы понять ее судьбу, надо сразу сообщить об одной из основных черт характера доменной печи — ее привередливости, разборчивости. Да, она обладает не только отменным аппетитом, но и чрезвычайно разборчива. Чуть что не по ней, и в ее железном чреве начинаются разные неприятности. Она дает меньше чугуна, ухудшает его качество. А то, чего доброго, появится и «козел».

От этого слова — «козел» — бывало, вздрагивали доменные мастера и владельцы заводов. Отчего он происходил, никто не знал. Может быть, попало с рудой в домну слишком много пыли, или оказался некачественным шлак, или прозевал мастер и дутье оказалось чрезмерно холодным... Но в домне возникал и рос, непрерывно рос слиток спекшегося металла, нескорогоревшего кокса, застывшего шлака. Не поступало дутье, и домна умирала.

Воскресить ее оказывалось трудней, чем построить новую. Домну приходилось ломать, динамитом взрывать стальную скалу, застывшую в ней, и на этом же месте строить новую. Вот к чему иногда приводил недоучет привередливости доменной печи!

Чтобы процесс в домне шел нормально, четко, домну надо «кормить» строго одними и теми же продуктами. Ее можно отрегулировать, «настроить» на любую руду, кокс, флюсы, установить ту или иную ее производительность. Но после этой «настройки» надо выдерживать и количество и качество доменной пищи как можно строже.

Руда является основной составляющей рациона доменной печи. Ох какие разные руды железа имеются в нашей стране! А ведь нередко домны металлургического комбината потребляют руду не только из разных шахт или карьеров, но и из разных месторождений.

Пожалуй, самой лучшей является руда из горы Магнитной. Она содержит свыше 61 процента металла, сотые доли процента вредных примесей серы и фосфора. Несколько уступает ей по содержанию железа криворожская руда — в ней 59 процентов металла, но вдвое больше вредных примесей. 55 процентов железа содержит высокогорская магнетитовая руда, 51 процент — керченская руда, прошедшая, правда, предварительную обработку.

Да разве только в содержании металла дело! Ведь и посторонние примеси к руде имеют большое значение. Они определяют количество и качество флюса, которое надо подать в домну. Важно и физическое ее состояние — много ли в ней крупных и мелких кусков — это определяет проницаемость столба плавильных материалов для газов и расход руды, ибо мелкую пыль стремительные потоки газов уносят с собой.

Кроме того, пористость руды, форма ее кусков определяют скорость хода химических реакций при восстановлении железа в домне, а это в свою очередь влияет на расход горючего.

Качество руды определяется и количеством содержащихся в ней

вредных примесей, в первую очередь фосфора и серы. Чем их меньше, тем выше качество получаемого чугуна. Но вредным является, например, и наличие в руде цинка или свинца, которые разрушительно действуют на кладку доменной печи.

Учитывается при оценке качества руды и количество полезных примесей в руде — в первую очередь марганца, реже никеля, ванадия и меди, улучшающих качество получаемого металла.

Нет, если начать кормить доменную печь просто той рудой, которая поступает на завод — предположим, сначала криворожской, потом керченской, — домна будет плохо работать. Поэтому прежде чем «скормить» домне, руду готовят для этого.

Первая стадия подготовки руды состоит в усреднении ее состава. Это осуществляется на рудном дворе — огромном открытом складе руды. Сюда ее привозят из разных забоев, из разных шахт и карьеров и даже из разных месторождений или в трюмах пароходов, или в железных коробках специальных вагонов. Над кучами руды движется гигантский порталый кран. Он буквально «пересыпает из пустого в порожнее», только занятие это имеет здесь большой смысл. Он захватывает железными горстями грейфера порцию руды и несет ее через весь двор, непрерывно словно высевая тоненькой струйкой. Так руды из разных мест, с разным содержанием железа, разного качества перемешиваются друг с другом.

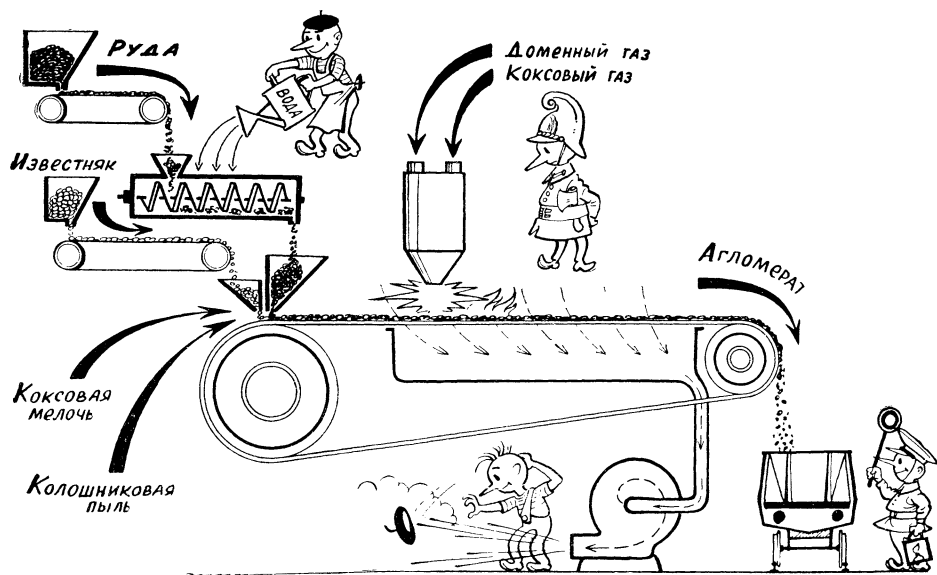
Второй этап подготовки руды к плавке — это ее обогащение.

Прежде всего руда проходит дробление. Дробилки, с грохотом пережевывающие своими тяжелыми челюстями огромные глыбы руды, — ворота каждой современной обогатительной фабрики.

После дробления, промывки и рассортировки по крупности пути руды разделяются. Куски величиной с кулак и несколько меньше поступают на рудный склад. Мелочь идет на дальнейшую переработку.

Она попадает в шаровые мельницы — гигантские вращающиеся вокруг горизонтальной оси бочки, в которых перекатываются чугунные шары. Непрерывный град ударов обрушивается на руду. Полученный порошок проходит магнитное обогащение. Но полученный железорудный концентрат еще не годится для доменной печи. Если эту пыль загрузить в домну, ее или выдует сразу же потоками газов, или она забьет поры и образует в домне «козла». Поэтому она проходит третью стадию подготовки — агломерационную фабрику.

Главным агрегатом агломерационной фабрики является ленточная спекательная машина. Она представляет собой большой транспортер, составленный из железных звеньев, на один конец которого поступает порошок железной руды, колошниковая пыль, коксовая пыль, которая тоже не может пойти в таком виде в домну, и... известняк. Да, тот самый известняк, который играет в домне роль флюсов.



Так «пекут» хлеб доменных печей.

Под звеньями транспортера находится камера, в которой постоянно поддерживается некоторое разрежение. Смесь веществ, насыпаемых из бункеров на транспортер, обжигается пламенем горелок, работающих на доменном и коксовом газе. Непрерывно просасываемый через слой раскаленных веществ воздух поддерживает в них горение.

В этом раскаленном слое и происходит спекание частиц руды. Одновременно выгорает и некоторая часть серы, содержащейся в руде. Происходит разложение извести. Она становится продуктом, пригодным для доменного процесса. Дойдя до конца ленты, спекшийся, еще раскаленный агломерат — твердый, серый, пористый камень — разламывается на куски и попадает в специальные вагоны.

Вот этим-то агломератом (так называют его доменщики) и отсортированными крупными кусками руды питается современная доменная печь.

Кажется, сколько хлопот с обыкновенной рудой! Не лучше ли больше заботиться об управлении доменной печью, чем о таком сложном приготовлении пищи для нее? Не дешевле ли будет?

Нет, не дешевле. Подсчитано, что увеличение содержания железа в руде, идущей в домну, всего на 1 процент повышает производительность

печи на 2,5 процента, а расход кокса снижает на 2 процента. Если прикинуть величину цифр, помноженных на все домны Советского Союза, мы увидим, что цифры экономии получаются очень большими, во всяком случае значительно превосходящими цифры расходов на обогащение и на агломерацию.

Флюс...

Знаете ли вы, что в любой руде содержатся породы, имеющие температуру плавления значительно более высокую, чем температура в доменной печи? Например, глинозем плавится при температуре в 2050 градусов, а максимальная температура в печи не превышает 1800—1900 градусов. Между тем глинозема в рудах содержится до 8 процентов. Что же с ним происходит, как удается удалить его из домны?

Вот эту-то задачу — перевести тугоплавкий глинозем и другие вещества в жидкое состояние — выполняют флюсы. Они образуют с глиноземом сплавы, температура плавления которых всегда ниже, чем у самого тугоплавкого из входящих в сплав вещества. Эти сплавы образуют шлак, выпускаемый периодически из домны.

Обыкновенно в качестве флюсов на металлургических заводах используют известняк, реже — доломит и еще реже — мартеновские шлаки.

Кокс...

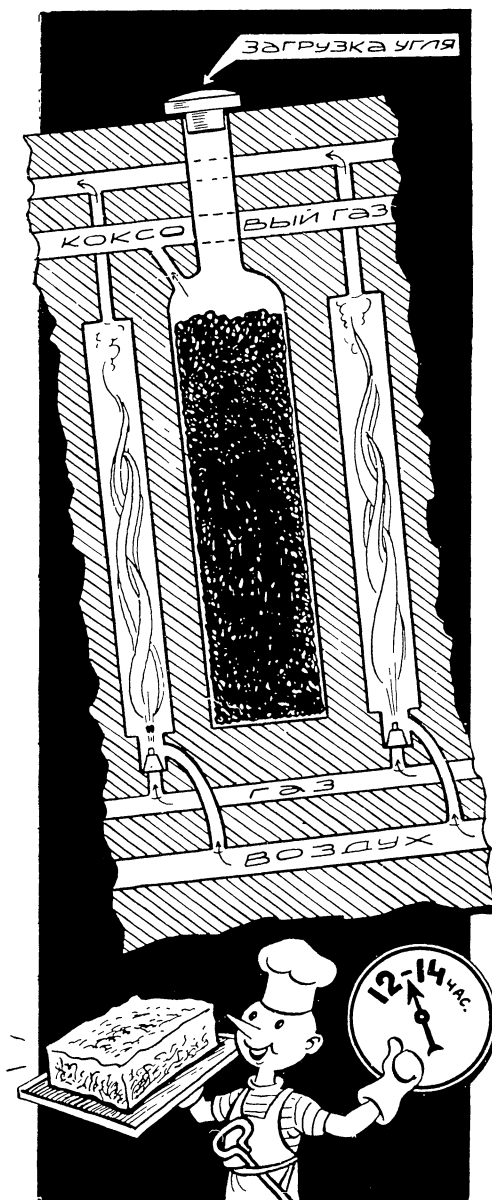
Обыкновенным каменным углем, даже самым лучшим антрацитом, не может питаться доменная печь. Ведь она привередлива. Ей нужен кокс.

Это и понятно. Тридцатиметровой высоты столб перемежающихся слоев руды, флюсов, горючего лежит в железокаменной трубе доменной печи. И все это вместе должно составлять губчатую, пронизанную порами массу, иначе сквозь нее не смогут пройти газы. Каменный уголь не сможет удержать этого столба грузов, он не обладает такой прочностью. Поэтому, перед тем как использовать его в домнах, каменный уголь превращают в кокс.

Далеко не всякий уголь может превратиться в кокс. Далеко не всякий кокс может пойти в доменную печь.

Впрочем, и кокс сегодня также изготавливают обычно не из одного какого-нибудь угля, а из смеси их. Этот процесс смешения углей называется усреднением руд. На Ждановском коксохимическом заводе он осуществляется следующим образом.

Четырех марок уголь поступает на этот завод. Уголь каждой марки поступает в свое хранилище — огромные башни высотой с восьмизтаж-



И этот «пирог» — домне.

ный дом. Из них уголь через специальные дозаторы направляется на ленту транспортера. Из каждого хранилища течет своя струйка угля: из одного — струйка потолще, из другого — потоньше, из третьего — опять толстая. Как бы многослойный пирог создают они на ленте транспортера.

Этот пирог попадает в машины, где осуществляются перемешивание и размол угля. Только после этого смесь углей поступает в коксовые печи.

Коксовая печь — это узкая, но длинная и высокая щель. Ширина ее не превосходит 0,4 м — ведь ее боковые стенки и являются теми противнями, на которых жарится коксовый пирог для домны. Если сделать щель коксовой печи шире, пирог может не пропечься насквозь. Высота этой щели достигает 4,5 м, а длина — 15 м. Вот в нее-то и засыпается смесь углей для коксования.

Коксовые печи строят целыми батареями — одна щель вплотную к другой. А между ними оставляют узкие ходы, в которых сжигают газ. Стенки щелей, в которых лежит уголь, нагреваются до 1000—1100 градусов. Происходит сухая перегонка угля — ведь загореться он из-за отсутствия кислорода не может. Из него испаряются летучие вещества, куски угля срастаются между собой. Весь процесс длится 12—14 часов.

Специальная машина открывает дверцу коксовой печи и выталкивает из нее готовый кокс. Его тушат, охлаждают и сортируют. Только куски не менее 25 мм в поперечнике поступают в домну. Самый мелкий порошок кокса используется на агломерационной фабрике. Промежуточные фракции идут в металлургические цеха. Крошкой посыпают чугун в ковшах, чтобы он не покрывался твердой коркой.

Приготовленный таким методом кокс придирчиво исследуют в лабораториях. В специальный барабан загружают 410 кг кокса и начинают его вращать. 150 оборотов должен выдержать он, причем сквозь щели барабана должно отсеяться не больше определенного количества мелочи. А иногда делают и полный подробный химический анализ.

Такой длинный путь проходит каменный уголь, прежде чем он станет пригоден в пищу доменной печи.

Домна дышит...

Она вдыхает воздух, выдыхает доменный газ.

Но и дышать обычным воздухом, каким дышим все мы, не может доменная печь. И воздух для нее должен пройти специальную подготовку.

Нелегко готовить для домны ежеминутно 3500 кубических метров воздуха. Воздуха, содержащегося в зрительном зале Большого театра в Москве, доменной печи не хватит и на десять минут нормального дыхания. За час она вдыхает 270 тонн воздуха, за сутки — 6500 тонн. Чтобы увезти этот воздух в сжиженном, например, виде, понадобилось бы шесть товарных эшелонов.

Подают такое количество воздуха специальные гигантские вентиляторы — воздуходувки. Они засасывают воздух и сжимают его до давления в 3—3,5 атмосферы. Приводятся в действие воздуходувки паровыми турбинами. Мощность паровой турбины, приводящей одну воздуходувку, — 14 тысяч лошадиных сил. Табун в 14 тысяч лошадей, оказывается, нужно, чтобы прогонять сквозь домну ежедневно 6500 тонн воздуха!

Сжатый воздуходувками воздух надо нагреть до температуры 800—1000 градусов. Для этого на пути его к домне ставят специальные воздухонагреватели — так называемые кауперы. Они представляют собой гигантские, под стать домне башни. Внутри они имеют огнеупорную решетчатую кладку, занимающую большую часть внутреннего пространства. Эта кирпичная кладка и является своеобразным аккумулятором тепла.

Сначала в свободной от кладки части башни сжигают доменный газ. Яростное пламя клокочет в тесной камере. Горячие газы горения с грохотом проносятся сквозь решетку кирпичной кладки и нагревают ее до температуры более 950 градусов. Тогда пламя горелки выключают, а через каупер начинают прокачивать воздух, направляемый в домну. Он

нагревается, проходя через кирпичную кладку, до температуры 800—900 градусов.

Конечно, кауперов около каждой домны строят несколько — три, а то и четыре. Пока один обслуживает домну дутьем, другой нагревается, третий находится на ремонте. Но ведь и температура воздуха, проходящего сквозь каупер, постоянно снижается. А ведь домне и воздух нужен с постоянной температурой.

Это обеспечивается специальными автоматическими устройствами, которые направляют в каупер только часть идущего в домну воздуха, причем изменяют постоянно эту часть таким образом, что, смешавшись за каупером с холодной частью потока, они создают смесь постоянной, ровной температуры.

...Когда-то, всего чуть больше ста лет назад, считали, что чем холоднее дутье, подаваемое в домну, тем «ровнее ее ход». Вывод этот делался из того, что зимой печи работали несколько лучше. Первый же опыт в этом направлении изменил все устоявшиеся представления.

Оказалось, что нагрев дутья всего на 300 градусов снижает расходы топлива почти на одну треть. Одновременно процесс интенсифицируется, идет более энергично, производительность домны повышается. Это и понятно: энергии кокса в этом случае не надо тратиться на подогрев воздуха. Заключенное в нем тепло целиком уходит на полезную работу.

Чем выше температура дутья, тем экономичнее работа домны. Поэтому металлурги ведут борьбу за повышение температуры дутья.

В последние годы делаются опыты по обеспечению и постоянства влажности дутья, постоянства содержания в нем водяного пара. Начали добавлять в дутье доменных печей и природный горючий газ — это снижает расход кокса. Доменная печь, оказывается, дышит не только подогретым, а прямо-таки кондиционированным воздухом. Таким воздухом мы едва-едва начали обеспечивать немногие лучшие концертные и театральные залы.

Доменной печи нужно не только есть, дышать, но и пить. Правда, воду она потребляет только для охлаждения. Целые реки ее текут в трубопроводах нижней части стенок печи, ее горна, охлаждают металл фурм, по которым подается дутье.

Для охлаждения доменной печи требуется около 20—25 кубометров воды на каждую тонну выплавляемого чугуна. Значит, в сутки крупная доменная печь прогоняет по венам своей охлаждающей системы 50 тысяч кубометров. Это целое озеро длиной в 100, шириной в 100 и глубиной в 5 м!

Если воду известного Ильмень-озера употребить на охлаждение доменных печей Магнитогорского комбината — а это озеро имеет



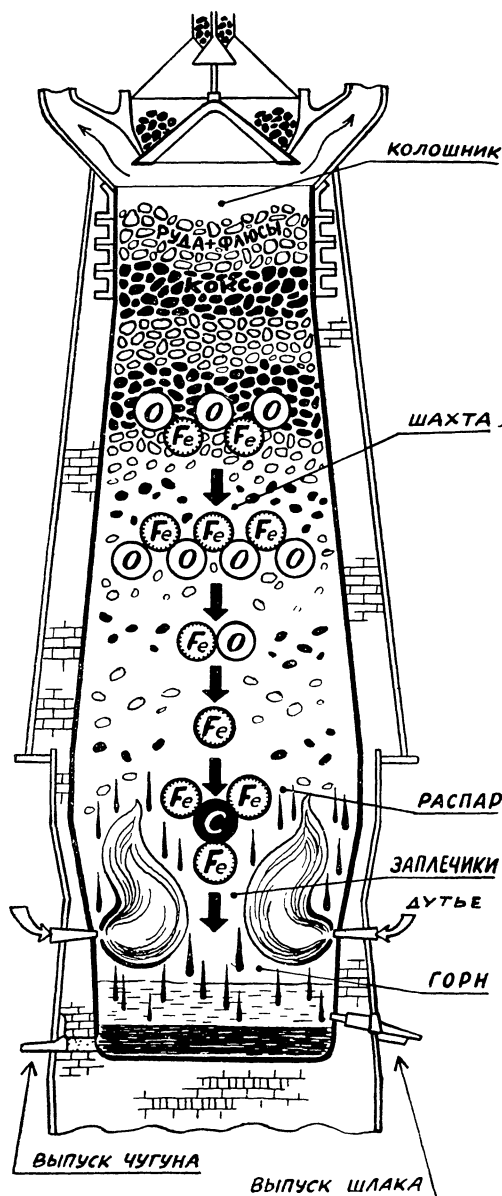
Сам Гаргантюа позавидовал бы ее аппетиту!

1100 кв. км и среднюю глубину около 10 м — и не возвращать воду в озеро, оно будет выпито домнами до последней капли меньше чем за три года.

Таков аппетит современной доменной печи. Что же представляет она сама — железокменная башня, увенчанная тяжелой короной переплетающихся труб, окруженная цехами предприятий, непрерывно готовящих для нее руду, флюсы, кокс, воздух и воду? Что творится в ее огненном нутре, в котором плавятся горные породы и рождается главный металл человечества?

Сверху опускаются руда, кокс, флюсы. Снизу, пробиваясь сквозь их слои, поднимаются воздух, газы горения. Проследим, что происходит с шихтой по мере ее опускания сверху вниз на разных этапах ее огнистого пути.

Самая верхняя часть доменной печи называется колошником. Он закрыт тяжелым чугунным приспособлением, выполняющим целый ряд задач. Во-первых, оно равномерно распределяет поступающую сюда



Сложнейшие химические реакции вертятся в огнедышащем чреве домны.

шихту по всей площади сечения домны. Во-вторых, не дает уйти доменным газам наружу, рассеяться в воздухе. Доменный газ слишком ценный продукт, чтобы не стоило постараться не упустить его в атмосферу. В-третьих, оно улавливает этот газ и направляет его для использования.

Руда, флюс и кокс поступают в домну отдельными порциями. Их развеска, дозировка, доставка и засыпка полностью автоматизированы. В процессе работы практически весь объем доменной печи заполнен слоями медленно опускающейся смеси этих веществ — шихты. Проходя те или иные участки домны, шихта претерпевает целый ряд превращений.

Прежде всего из нее испаряется влага — ведь доменный газ под колошником имеет температуру 200—300 градусов. При этой температуре начинает выделяться даже так называемая кристаллизационная, то есть химически связанная, влага.

Расширяющаяся книзу часть внутренней полости доменной печи называется шахтой, самый широкий ее участок — распаром. В шахте и распаре происходит восстановление окислов железа газами. Главную роль в этом играет окись углерода. Она имеет интересное свойство отнимать у окислов железа кисло-

род, который присоединяет к себе, и превращается в углекислый газ. При этом выделяется чистое железо.

Окись углерода, пройдя слой руды, у которой она отняла кислород, попадает в слой кокса. Здесь нет кислорода, но зато сколько углерода! И молекула углекислого газа отдает отнятый ею у руды атом кислорода атому углерода, пришедшему из кокса, снова превращаясь в окись углерода. И в следующем слое руды эта молекула окиси углерода снова может восстановить атом железа.

Опускаясь все ниже, руда становится все беднее кислородом, все больше образуется чистого железа. Ведь для восстановления железа из руды вовсе не нужна температура в полторы тысячи градусов. Эта реакция отлично идет при температуре в 450—900 градусов. Восстановленное железо находится в твердом состоянии, представляет собой нечто вроде мягкой губки, в порах которой находятся частицы кокса, шлака, посторонних примесей. Оно очень чисто в это время, только что родившееся железо. В нем нет ни серы, ни фосфора, ни даже углерода. И многих изобретателей мучит мысль: а нельзя ли на этом закончить процесс и, отделив железо от примесей, сразу получить его чистым, а не в виде чугуна? Но шихта опускается ниже, и в железе начинает растворяться углерод. Сразу снижается температура плавления — ведь сталь и чугун плавятся при меньшей температуре, чем чистое железо. И при температуре в 1250—1300 градусов появляются первые капли металла. Они стекают в нижнюю часть доменной печи, в так называемый горн.

В верхней части горна расположены отверстия для дутья. Это сквозь них вдувается в домну нагретый воздух. Вокруг фурм — самое горячее место печи. Здесь бушует пламя, сгорает в кислороде воздуха углерод кокса.

В нижней части печи образуется и шлак. Он тоже стекает в горн, но так как он значительно легче чугуна, он плавает сверху. Внизу остается слой чугуна, над ним — слой шлака. Их и выпускают из домны через два отверстия, называемых летками. Одно отверстие служит для выпуска чугуна, другое — для выпуска шлака.

Конечно, мы рассказали о тех химических и физических процессах, которые протекают в доменной печи, и кратко и неполно. Действительная картина значительно сложнее. А всех ее деталей не представляют себе и ученые. Изучение доменного процесса продолжается.

И еще одно: домны непрерывно совершенствуются. Изменяется — растет — объем доменных печей. Увеличивается давление газов, проходящих сквозь «слоеный пирог». Повышается температура дутья, варьируется его состав. Все это интенсифицирует доменный процесс, повышает производительность. Усовершенствуются и механизмы обслуживания домны. В последнее время делают попытки все управление домной поручить кибернетическим машинам.

ДРАГОЦЕННЫЕ ШЛАКИ

У доменной печи нет отходов. Все, что она дает, может быть полезно использовано. И если не используется, то только по нерадивости и бесхозяйственности.

Охлаждающая вода... Она уносит из стен доменной печи огромное количество тепла. Ее используют для отопления квартир, парников, снабжения бань и прачечных, для агротеплофикации — подземного полива теплой водой огородных культур, что в ряде случаев вдвое и втрое увеличивает урожай.

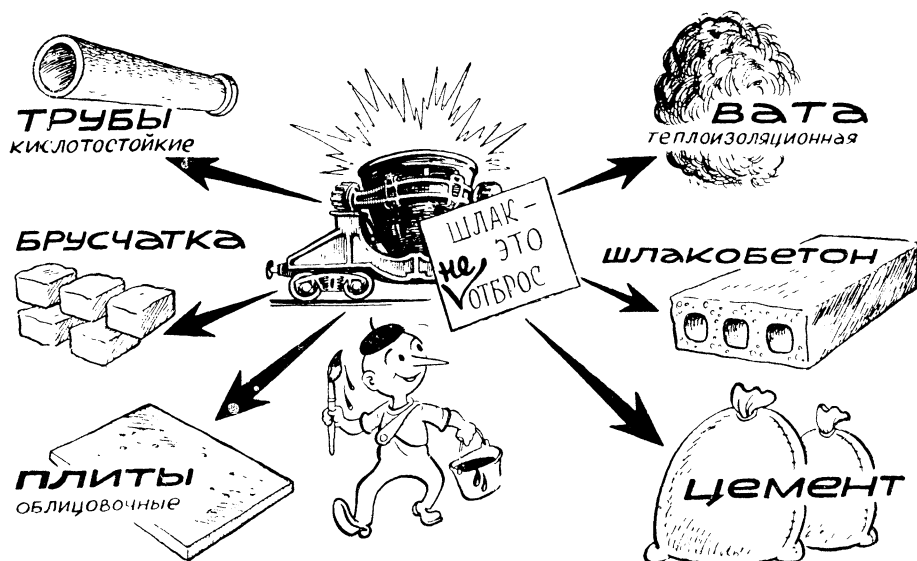
Доменный газ... Более 5 млн. куб. м этого газа дает ежегодно домна. Правда, он не очень энергоемкое горючее — в каждом кубическом метре его содержится всего 850—1000 килокалорий, но и это вполне применимо в целом ряде случаев. Но прежде доменный газ надо очистить.

Есть много способов очистки доменного газа от увлеченной им из шихты пыли, содержание которой иногда достигает до 100 граммов в каждом кубическом метре газа. Обычно грубая первичная очистка производится в инерционных пылеуловителях, чаще называемых циклонами. Струям газа в них придают спиральное движение, заставляют быстро менять направление движения. И центробежная сила, возникающая при этом, выбрасывает частицы пыли из газового потока. Содержание пыли в газе, прошедшем эти аппараты, понижается до 2—5 граммов на кубический метр. Дальнейшая очистка осуществляется в скруберах, где газ течет между увлажненными поверхностями или вообще сквозь струи воды, на которых оседают частицы пыли. Сверхчистую очистку производят в электрофильтрах или дезинтеграторах. В электрофильтрах частицы пыли, попадая в сильное электрическое поле, заряжаются и осаждаются на одном из электродов. Дезинтеграторы очищают газ от пыли мощным потоком распыливаемых вентилятором брызг. Прошедший окончательную очистку газ содержит в себе не больше пыли, чем воздух в вашей комнате.

Вся отделившаяся в газоочистителях пыль используется на агломерационных фабриках.

Мы уже знакомы с использованием доменного газа. Это он спекает рудную пыль на агломерационных фабриках, нагревает кирпичную кладку воздухонагревателей — кауперов. Он работает и в коксовых печах, производя сухую перегонку каменного угля. Но ему находится на металлургическом комбинате немало и другой работы. В смеси с коксовым газом он сгорает в мартеновских и нагревательных печах, приводит в движение газовые турбины воздуходувок и электрогенераторов и т. д.

Доменные шлаки... Мы называли их в начале главы драгоценными, и это так и есть.



Бесчисленны применения бывшего отброса

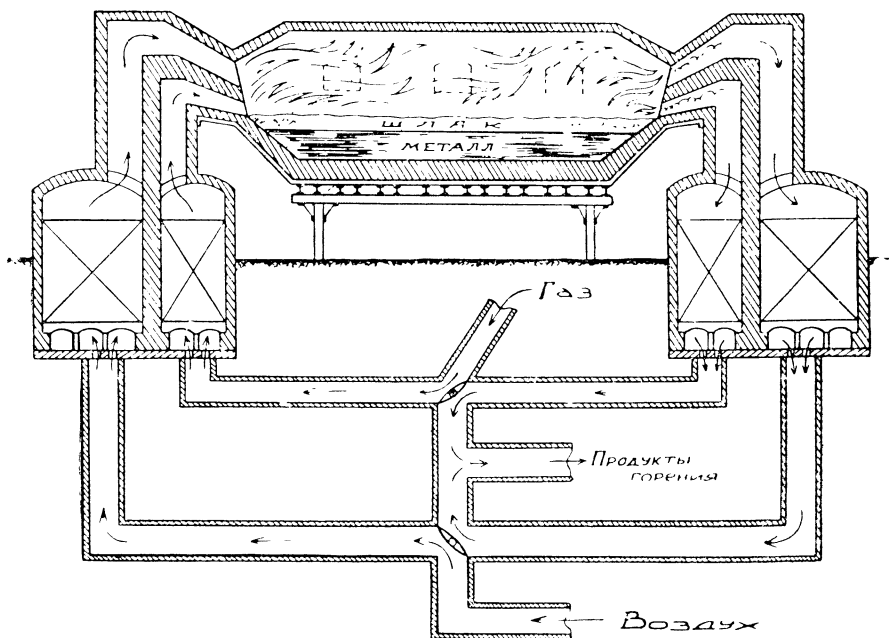
Шлак мы получаем уже в расплавленном виде. Это горная порода, подобная лаве. Из нее сразу же можно делать отливки — брусчатку для мощения дорог, кислотостойкие облицовочные плиты, трубы. И это почти даром, без всякой дополнительной затраты топлива, только подставить под струю шлака форму, а затем извлечь из нее отливку.

Из доменных шлаков можно изготовлять отличные цементы. Для этого надо шлак — его берут процентов 70—85 — размолоть вместе с цементным клинкером. Получаемый продукт имеет высокую стойкость против действия минерализационных вод и низкое тепловыделение при твердении. Он дешевле обычного цемента, а может применяться везде, где применяется обычный цемент: и в плотинах гидростанций, и в железобетонных стенах сборных домов. Это отличный строительный материал. Один из тех материалов, в которых как раз особенно нуждается сейчас наша страна.

Немногие, наверное, из неспециалистов слышали о шлаковой вате. А между тем это отличный теплоизоляционный материал, выдерживающий нагрев до 600 градусов. Изготовление ее крайне несложно: струю шлака разбивают потоком воздуха, и он застывает тонкими и длинными спутанными нитями.

А шлакобетон, шлаковая пемза, щебень — все это тоже может быть получено из шлака.

Но, увы, еще очень и очень во многих местах с приставкой «шлако» используют только слово «удаление». Шлаки выливают из доменной печи в ковши емкостью в 20—25 тонн и отвозят на свалку. Чтобы шлак



Колыбелью стали называют иногда мартеновскую печь

размельчить, его выливают вместе со струей воды: стремительно остывая, он трескается на мелкие кусочки. И растут горы драгоценных шлаков рядом с некоторыми металлургическими комбинатами...

Вот что сказал о шлаках академик И. П. Бардин:

«Шлаки — это огненно-жидкий материал, искусственно получаемый при расплавлении металлических руд. Он подобен материалу, который сама природа «изготавливала» в давние времена, извергая из недр земли огненные вулканические породы.

Шлаки — это вовсе не отход, как привыкли считать их в течение столетий и как «по инерции» считают еще и сейчас консервативные и нерадивые хозяйственники.

Шлаки — это сотни миллионов рублей, это тысячи новых домов, это база для дальнейшего строительства!»

Во многих странах, например в Германской Демократической Республике, весь получаемый шлак сразу же направляется на расположенные рядом цементные заводы. И металлургические комбинаты выдают, помимо чугуна, почти такое же по весу количество лишь немногим менее важного, чем чугун, материала — цемента.

В нашей стране почти половина доменных шлаков — более 20 млн. тонн! — и поныне не используется.

...Если увидите, как электровоз или паровоз вывозит на свалку ковши со шлаком, знайте: вы явились свидетелем преступления.

Мы рассказали о судьбах всех продуктов, вырабатываемых в вулканических недрах доменной печи, кроме главного — чугуна.

Вот рабочие проделали первое крохотное отверстие в глиняной летке, и первая тонкая, раскаленная добела струйка расплавленного металла побежала через него. Вот она выросла в ручеек, а затем и в целый пышущий жаром поток. Он сбегает по литейной канавке прямо в ковш, привезенный паровозом.

Чугун идет!

Нет, давно уже не растекается чугун на наших передовых заводах по сделанным в земле канавкам в формы. Его сразу увозят в жидком виде на переделку в сталь.

Чугун идет!

Это новые комбайны и автомобили, рельсы железных дорог и перемахнувшие через реки пролеты мостов, каркасы фабричных цехов и тонкие часовые механизмы.

Чугун идет!

Но долг еще путь этого огненного потока до того совершенного изделия, которое будет служить человеку...

ПРЕВРАЩЕНИЕ В СТАЛЬ

Когда-то железо выплавляли в небольших горнах. Оно получалось мягким, почти не содержащим углерода. Закалялось оно обычно очень плохо.

Росли потребности в металле, росли и печи для их выплавки. Уже в середине XIII века нашей эры в Европе появились шахтные печи. В России их несколько позже называли домницами. Это уже довольно высокие башни, в которых и осуществлялась выплавка металла.

И тогда-то произошло неожиданное. Металл, выплавляемый в таких домницах, оказался никуда не годным. Он не ковался, был хрупким. Его считали безнадежно испорченным. Это был чугун. В переводе с английского это слово означает «свинское железо». Да и по-русски чугунные отливки нередко называют чушками.

Значительно позже научились выплавлять из чугуна сталь.

Для неспециалиста чугун и сталь совершенно разные металлы. Действительно, чугун — это неуклюжие, громоздкие станины тяжелых станков, неповоротливые катки асфальтоукладчиков, черные сковороды и чугуны домашних хозяек, а сталь — это кружевные переплеты железнодорожных мостов, упругая пружина механизма наручных часов, звонкие буры и сверла, не боящиеся ударов молоты и зубила, вибрирующие от напряжения механизмы станков. Все, что делается из чугуна, можно сделать из стали, и будет не хуже, а лучше.

Поэтому большая часть чугуна идет на переделку в сталь. Суть этой переделки ясна: надо удалить из чугуна избыток углерода, снизить его содержание в металле с 4—5 процентов до долей процента. Но как это сделать? Как извлечь из толщи расплавленного чугуна таящиеся между молекулами железа молекулы углерода?

Это чаще всего осуществляется в мартеновских печах.

Мартеновская печь напоминает снаружи огромный железный ящик. Внутри он выложен огнеупорным кирпичом. Весь этот ящик, вмещающий 300, 350, а то и 500 тонн металла, нередко делают способным наклоняться, поворачиваясь на огромных опорах вокруг горизонтальной оси.

...Жарко в мартеновском цехе и зимой, когда на улице сорокаградусный мороз, и особенно летом, в тридцатиградусную жару. По чугунным плитам пола подходим к мартену. В крохотное окошечко через синее стеклышко заглядываем внутрь. Там под ударами воздушного вихря колышется добела раскаленная поверхность расплавленного вещества. По ней пробегает мелкая рябь волн. Нет, это мы видим не сталь, это — шлак.

А в соседнюю печь тем временем загружают шихту — стальной лом, чугун, флюсы, железную руду. Все эти добавки сложены в специальных корытах — так называемых мульдах. Умная большая машина подхватывает мульду длинным стальным хоботом и засовывает в пышащее жаром нутро мартена. Там она переворачивает ее и высыпает содержимое на под печи. Вынимает пустую мульду, забирает новую и т. д. Работает она удивительно ловко и быстро.

После того как в печь будет загружено полагающееся количество шихты, печь начнут прогревать. Затем из ковша в нее заливают взятый из миксера расплавленный чугун.

Яростное пламя бушует под сводом мартеновской печи. Температура его достигает 1700—1800 градусов, а в фокусе горения — и до 2 ты-

сяч градусов. Огнеупорные вещества, которыми выложены и свод, и стены, и под мартена, работают на пределе плавления. Зорко смотрит сталевар, как бы не потекли сосульки кирпича со свода печи.

Производство стали — это не просто профессия, это еще и сегодня искусство. Через каждые 15—20 минут лаборанты берут пробу металла и шлака. Сталевару помогают многочисленные приборы, в том числе спектрометры и магнитометры. Но очень многое сталевар должен еще просто чувствовать. Сложнейшие процессы обмена веществ происходят в шлаке и металле. Сталевар руководит этими процессами, добавляя в печь по мере надобности или железную руду, или флюсы, или шлак. Он сливает первый шлак с металла и наводит новый шлак, добавляя в печь известь. И, наконец, он сообщает: сталь готова.

К мартену подъезжает гигантский ковш, и струя стали льется в него. Весь процесс переделки чугуна на сталь занимает несколько часов.

В настоящее время 80 процентов всей выплавленной на земном шаре стали производится в таких мартеновских печах.

Ну, а какие еще способы переделки чугуна в сталь известны сегодня? Какому из них принадлежит будущее?

БЕССЕМЕР ПРОТИВ МАРТЕНА

Мартеновский способ производства стали возник лет на десять позже бессемеровского и все-таки практически почти вытеснил последний. Этому имеется целый ряд причин.

Бессемеровский способ, безусловно, более производителен. Заключается он в том, что в большой грушеобразный сосуд — конвертор — наливают жидкий чугун и продувают через него воздух. В толще чугуна начинаются энергичные реакции окисления кислородом воздуха содержащихся там примесей, в первую очередь углерода. Процесс этот идет очень энергично. Кипящий, чуть ли не взрывающийся металл бушует в конверторе, сноп искр вылетает под потолок цеха из его горловины. Пятнадцать-двадцать минут длится весь процесс — и сталь готова. Наклоняется горлышко сосуда, и успокоенная струя металла выливается в ковш.

Так легко, быстро, удобно! Не надо затрачивать дорогого горючего, как в мартене: металл здесь разогревается сам за счет тепла, выделяющегося при выгорании примесей.

Но мартен дает более качественную сталь. В бессемеровской стали растворено много азота: ведь воздух, который сквозь нее продували, на $\frac{4}{5}$ состоит из этого газа. В ней встречаются крупинки окислов железа,



Соперник мартена — стремительный бессемер

целые воздушные пузырьки. Такую сталь рискованно применять для ответственных деталей. Она неожиданно может сломаться. А в мартене процесс выгорания железа идет ровно, спокойно, можно обеспечить практически любой состав выплавляемой стали. К тому же мартен позволяет использовать для выплавки стали не только жидкий чугун, но и металлический лом, чугунные чушки.

И все-таки бессемеровский способ передела еще нельзя сдавать на

свалку. И у него есть свое, и неплохое, будущее. Обеспечивают его новейшие работы советских металлургов.

— Если главной причиной плохого качества конверторной стали является растворенный в ней азот, и он появляется там при ее продувке воздухом, то почему бы нам не отказаться от азота? — решили они. — Почему не продувать металл одним кислородом, который только и нужен для выгорания кремния?

Так и сделали. И оказалось, что сталь получается очень неплохая по качеству. Эти опыты были впервые проведены в 1945 году под руководством инженера Николая Илларионовича Мозгового на московском заводе «Динамо». В 1956 году на выплавку стали на чистом кислородном дутье перешел конверторный цех металлургического завода имени Петровского. А в начале 1958 года вступил в строй самый крупный цех такого типа на заводе «Криворожсталь».

Плавка в конверторе с применением кислорода осуществляется несколько иначе, чем с воздухом. Прежде всего кислород подается не снизу «груши», а через трубку, опущенную в металл сверху. Ведь в месте соприкосновения кислорода и металла температура поднимается до 3 тысяч градусов. При такой температуре плавятся самые тугоплавкие металлы — молибден, тантал, ниобий. Дно конвертора очень скоро прогорало бы, если бы кислород подавали через отверстия в нем, как подают воздух в бессемеровском контейнере.

Плавка на кислороде идет медленнее, чем на воздухе. Подачу газа несколько раз прекращают, чтобы металл несколько остыл и из него успел выделиться шлак. Поэтому она длится 20—25 минут вместо 15 с воздухом. Но и при такой замедленной плавке один конвертор емкостью всего в 35 тонн стали не уступает по производительности 500-тонному мартену: ведь конвертор успевает дать в сутки 50 плавов, то есть 1600 тонн стали, а мартен — лишь 2 плавки, то есть 1000 тонн. И конвертор, конечно, стоит значительно дешевле мартеновской печи. Так, строительство конверторного цеха на Кузнецком комбинате, запланированное на годы семилетки, обойдется, как сообщил в докладе на внеочередном XXI съезде КПСС Н. С. Хрущев, в три раза дешевле, чем строительство мартеновского цеха такой же мощности, и будет осуществлено в более короткие сроки. 1200 тысяч тонн стали будет давать ежегодно этот цех. Отличной стали, не уступающей мартеновской.

На наших глазах происходит второе рождение конвертора на новом техническом уровне.

Но вряд ли стоит спорить, кто кого победит: мартен бессемера или бессемер мартена. По всей вероятности, обновленный бессемеровский процесс будет мирно сосуществовать с мартеновским, вырабатывая для страны все больше, все лучшей по качеству стали. Тем более, что у них обоих есть очень серьезный соперник...

СТАЛЬ, РОЖДЕННАЯ МОЛНИЕЙ

Металлурги глубоко изучили к настоящему времени процесс превращения чугуна в сталь, влияние шлака того или иного состава, влияние различных примесей и добавок. И сегодня идеальным, с их точки зрения, было бы такое ведение процесса, в котором не участвовали бы ни воздух, ни газы горения топлива. Только варьируя добавками, шлаками, примесями, они берутся сварить самую лучшую сталь точно заданного состава.

Что ж, возможность осуществить такой процесс существует. Мало того, он довольно широко уже применяется. Это — электросталеплавильный процесс.

Печи для электроплавки вышли уже из младенческого лабораторного возраста — они достигают емкости в добрые 180 тонн стали. Это сложные агрегаты, имеющие разнообразное электрическое и механическое оборудование.

...В печь загружают шихту. Включаются и опускаются графитовые электроды. Вот они приблизились к металлическому лому шихты, и молнии обвили куски стали.

Начинается плавка.

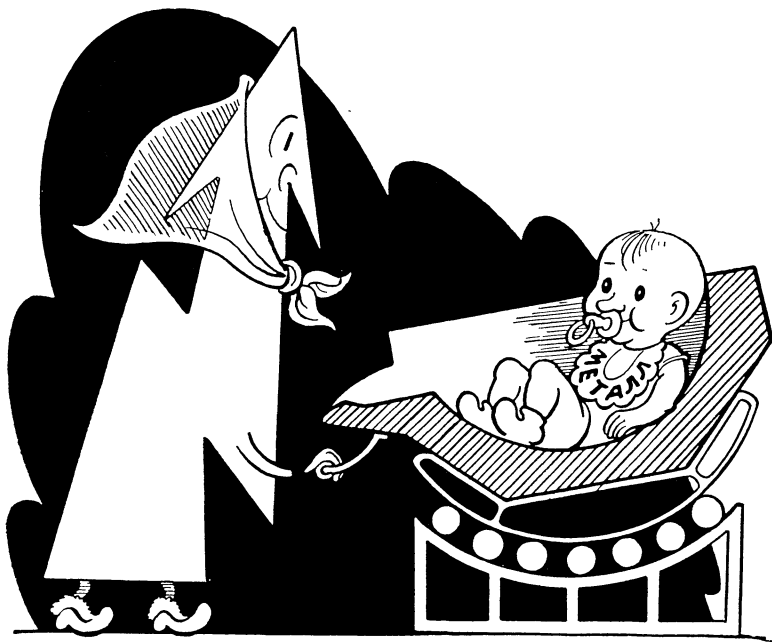
В пламени электрических разрядов температура достигает 4 тысяч градусов. Шихта стремительно плавится, струйки металла стекают и накапливаются на подине. И вот электроды уже коснулись жидкого металла.

Уже во время плавки добавляют сталевары в электропечь известь и другие флюсы, наводя первый шлак. В него начинает переходить из расплавленного металла фосфор. Затем они обеспечивают удаление из металла водорода, азота и неметаллических включений. И первый шлак удаляют, скачивают. Для образования нового шлака в печь снова добавляют известь...

Мы не будем рассказывать весь ход плавки, перечислять все добавки железной руды, извести, плавикового шпата, присыпки шлака ферросилицием и молотым коксом, продувки сквозь жидкий металл кислорода и т. д.

Каждая из этих операций имеет свою задачу, свой смысл. И в результате всех этих манипуляций, длящихся около шести часов, получается сталь, какую нельзя получить никаким другим способом. Она содержит предельно малое количество фосфора и серы, очень немного неметаллических включений и точно заданные количества тех добавок, которые запланированы металлургами.

Иногда в электропечах доваривают сталь, выплавленную в мартене или бессемеровском конверторе. В этом случае продолжительность плавки сокращается до трех часов.



Могучее дитя вырастает у такой няньки

У электростали есть только один существенный недостаток: она дорога. Ведь на производство каждой тонны стали надо затратить около 700 киловатт-часов энергии, не говоря уж о расходе флюсов, электродов и т. д.

И все же выплавка электростали во всем мире стремительно растет. Уже в 1955 году в США производство ее достигло 7,6 млн. тонн — 7,1 процента от общей выплавки стали. В нашей стране в этом же году было выплавлено 3,4 млн. тонн электростали — 7,5 процента от общей выплавки. Таким образом, Советский Союз занимает второе место в мире по производству электростали.

Электросталь — могучий соперник конвертора и мартена. Но мы видим, что занимаемые ею сегодня позиции и в нашей стране и во всем мире еще не сравнимы с позициями конверторной, а тем более — мартеновской стали.

И все же, вероятно, за ней будущее, если только развитие металлургии не изменит резко своего пути и переделка чугуна в сталь не окажется вообще излишней.

НОВОРОЖДЕННЫЙ СОПЕРНИК

Но если вы скажете, что вся сталь, получаемая в нашей стране сейчас, выплавлена или в мартеновских печах, или в бессемеровских конверторах, или, в крайнем случае, в электропечах, то вы все-таки ошибетесь. И дело не в том, что кое-где у нас выплавляют для специальных целей кричное железо прадедовскими способами прямо из руды, — нет, новый соперник мартена родился совсем недавно. Первый оборот он сделал в 1958 году в мартеновском цехе Нижне-Тагильского металлургического комбината.

Первый оборот? Что за странность?

Ничего странного здесь нет. Просто соперник мартена представляет собой вращающуюся цилиндрическую наклонную печь.

Она невелика, размером и формой внешне напоминает бетономешалку и так же невзрачно выглядит по сравнению с величественными мартенами, стоящими рядом, как сказочный Конек-Горбунок рядом со своими золотогривыми братьями. Но она, бесспорно, уже в первом своем варианте превосходит по всем показателям мартеновскую печь. Вот как она работает.

Нет, вовсе не с фантастической скоростью вращается ее корпус — он делает всего лишь от 0,2 до 1 оборота в минуту. Из подвешенного бункера в нее, когда она еще неподвижна, загружают руду и известь, затем по желобу заливают из ковша чугун, а затем через это же отверстие две фурмы подают в печь кислород.

Одна фурма погружается в расплавленный металл. Пробивающий-ся сквозь жидкий расплав кислород соединяется с углеродом. Из металла вырывается угарный газ. Его-то и дожигает кислород из второй фурмы. Температура в печи поднимается до 2 тысяч градусов.

Оператор включает рубильник, и печь начинает поворачиваться. Это усиливает перемешивание металла, убыстряет процесс выплавки. Выгорают и сера и фосфор. Постоянное перемещение расплавленной массы по стенкам печи предохраняет, защищает их от разрушения высокой температурой.

Весь процесс варки стали занимает не более 20 минут. Вместе с загрузкой печи, сливом шлака и металла время плавки — 50 минут. Но и это означает возможность осуществлять 24 плавки в сутки.

Преимущества роторной печи даже перед усовершенствованным конвертором несомненны. Она выплавляет сталь с любым по существу содержанием углерода — от 0,05 до 0,8 процента. По качественным показателям эта сталь превосходит конверторную. При конверторном производстве выход годного металла равен 84 процентам, при роторном — на 3 процента больше. А кислорода на передел требуется меньше. Обслуживают роторную печь всего три человека. Малютка является серьезным сопер-

ником и мартеновским печам: ведь ее стоимость — даже первой экспериментальной установки! — в восемь раз ниже стоимости мартеновской печи такой же производительности. И места она занимает несравненно меньше. И топлива не требует — только на разогрев, после того как она находилась в ремонте и долго не работала.

Вторая такая же печь сооружается на «Азовстали». Опыт эксплуатации этих первых печей позволит более точно оценить их возможности и права на большую жизнь в металлургии.

РОЖДЕННАЯ В ВАКУУМЕ

Перешагнем сразу через целую цепь технологических операций. И вот мы в цехе подшипникового завода. Автоматический контролер берет шарики по одному и быстро поворачивает их перед окуляром фотоэлемента. Электронный представитель ОТК придирчив, но справедлив. Он не забракует хорошего шарика, но и не пропустит бракованного.

И вот у нас в руках брак. В полированном сверкающем металле высокого качества видны какие-то черные точки, соринки.

— Посторонние неметаллические включения, — комментирует специалист-металлург.

Да, конечно, эти шарики не смогут работать в ответственных узлах машины — ее подшипниках. Автомат правильно сделал, забраковав их. Но какими путями попали эти соринки в сверхчистый, с превеликой тщательностью выплавленный и обработанный металл?

Таких путей несколько. Первый — их могли занести вместе с нечистыми шихтовыми или шлакообразующими материалами. Второй — это могут быть частицы, выкрошившиеся из футеровки печи или ковша, в котором несли сталь. Третий — это могут быть окислы тех веществ, которые специально вводят в расплавленную сталь для ее очистки, — марганца, алюминия, кальция, титана... И атмосферный воздух, в-четвертых, нередко является виновником таких образований, главным образом окислов и нитридов.

Как от них избавиться или хотя бы резко снизить их количество?

Ответ на этот вопрос ясен: готовить более чистую шихту, тщательнее ремонтировать футеровку, быстрее разливать металл, чтобы он меньше соприкасался с воздухом. И можно осуществить плавку металла вообще в вакууме.

Это дело, конечно, не простое — накрыть электропечь и автоматическое или имеющее дистанционное управление разливочное устройство колпаком, из-под которого выкачан воздух. К тому же откачку паров надо вести непрерывно, ибо они в большом количестве выделяются из ме-

талла. Частично они были растворены в нем, частично образуются за счет химических реакций, которые в нем протекают во время плавки.

И все же такие печи уже существуют. В них ведут выплавку лучших марок легированных сталей и сплавов титана, хрома и некоторых других металлов, особенно чувствительных к растворенным в них газам.

Бывает очень полезно осуществлять в вакууме хотя бы разливку полученной стали. В этом случае ковш со сталью помещают в вакуум. Из расплава начинают энергично выделяться растворенные в нем газы. Многие неметаллические включения так же быстро всплывают на поверхность металла и уходят в шлак. Сталь становится качественнее.

Так вакуум стал помощником металлурга. И у него большие перспективы стать одним из главных помощников. Недаром в докладе на внеочередном XXI съезде КПСС Н. С. Хрущев сказал: «Для повышения качества продукции намечается организовать широкое использование вакуума в металлургических процессах...»

БЕСКОНЕЧНЫЙ СЛИТОК

И вот тяжелый ковш, вмещающий добрую сотню тонн стали, величественно плывет под сводами цеха.

«Сталь идет!» — говорят в таких случаях в цехе, и это звучит не менее величественно, чем слова «Чугун идет!» — у домны.

Вот ковш над изложницами — огромными чугунами сосудами, вмещающими по несколько тонн стали. Они готовы принять металл. Их внутренние поверхности тщательно очищены стальными щетками, обдуты воздухом, смазаны особым составом. Огненная струя устремляется в изложницу.

Сталь застывает. Она застывает медленно: ее теплопроводность — нам это уже известно — в десять раз ниже, чем у меди, в шесть раз ниже, чем у алюминия. Не быстро проходит огромное количество выделяющегося при ее кристаллизации тепла через уже застывшие слои металла.

Кристаллизация стали начинается на периферии, с поверхности металла, прикоснувшегося к металлу изложницы. Здесь возникает корка мелких, хаотически расположенных кристаллов. От этой корки уже начинают расти со всех сторон слитка к его середине крупные, хорошо ориентированные кристаллы металла. К середине сталкивают они все посторонние примеси. И здесь, в связи с тем что при застывании сталь уменьшается в объеме, образуется усадочная раковина, слабина, область ослабленного и загрязненного металла.

Хитроумными ухищрениями удастся перенести большую часть усадочной раковины в верхнюю часть слитка. А ее, перед тем как пустить

слиток в прокатку, отрезают и отправляют на переплавку. Приходится обычно отрезать и отправлять на переплавку и нижнюю часть слитка. Таким образом до 10—15 процентов стали приходится возвращать в мартен. Пятнадцать тонн из каждых ста тонн выплавленной стали!

Это дорого да и не очень удобно. И на наших заводах внедряется сейчас новый способ разливки стали — непрерывная разливка.

Ковш с жидким металлом останавливается не над изложницей, а над специальным разливочным устройством. В какой-то степени оно подобно бункеру, из которого дозаторы равномерно непрерывной струйкой выдают сыпучий материал. Здесь этот материал — жидкая сталь. Отсюда она поступает в кристаллизаторы.

Кристаллизаторы — это квадратные ящики без дна и крышки, зато медные стенки их сделаны двойными и между ними непрерывно циркулирует охлаждающая вода. Вместо дна в кристаллизаторах вставлены куски стали же — так называемые затравки. Вот на них-то и изливается металл.

Соприкоснувшись с медными стенками кристаллизатора, сталь мгновенно покрывается тонкой корочкой застывшего металла. А затравка начинает опускаться. С ней вместе движется и только что образовавшийся стальной кулек — тонкая пленка твердого металла, содержащая внутри жидкую сталь. Но все толще и прочнее становятся стенки этого кулика, и когда металл выходит из кристаллизатора, они уже достаточно прочны, чтобы удержать, не разлить жидкое содержимое. И тут на их еще белые, пышащие жаром стенки обрушивается дождь мелких водяных брызг — затвердевает весь объем слитка.



Пятнадцать процентов на переплавку — это ужасно!

И тогда рядом с непрерывно растущим слитком появляется газорезка. Острое лезвие пламени, опускаясь вместе со слитком, отрезает от него кусок длиной метра в два. Стальные руки специальных кантователей бережно подхватывают его и подают на транспортер. Всего пятнадцать минут назад бывший жидкой сталью в ковше слиток готов поступать в валки прокатного стана.

Слиток этот непохож на полученный в изложнице. У него нет усадочной раковины. От него не надо отрезать куски в переплавку. Он превратится в прокат — швеллер, рельс, уголок — в несколько раз быстрее, чем при обычной разливке.

А некоторые отливки и не пойдут на прокат. Ведь кристаллизатору можно придать практически любую форму и сразу получить швеллер, уголок — все, что захочется, устраивало бы только качество металла.

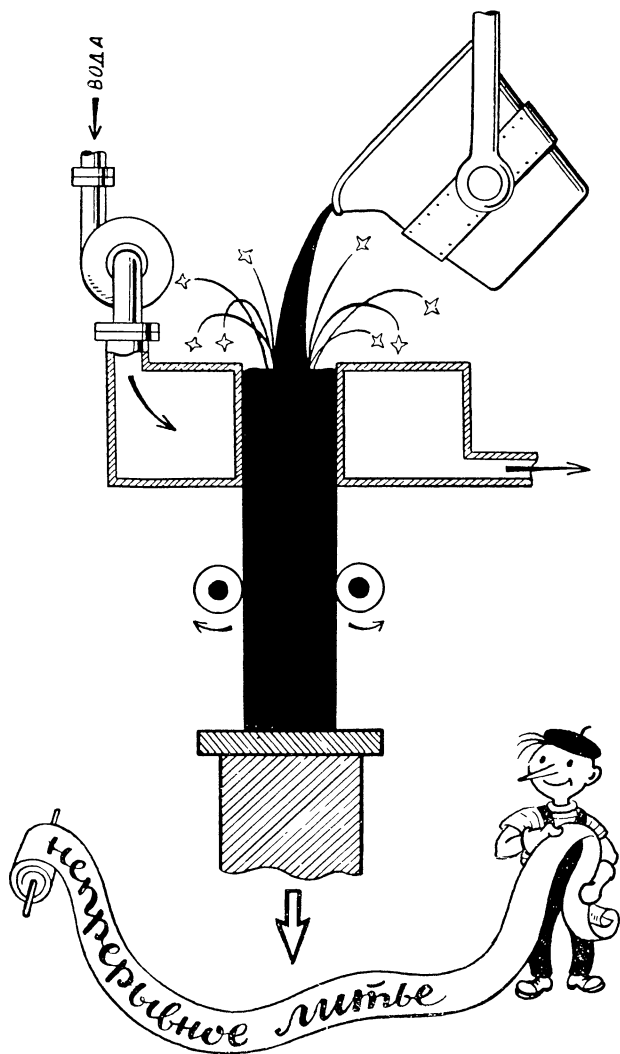
Советский инженер А. Н. Мясоедов предложил конструкцию машины для непрерывной отливки труб, работающей на этом принципе. Кристаллизатор при этом делается круглым, а в центре его сверху спускается внутренний охлаждаемый кристаллизатор. Все остальное целиком и полностью соответствует обычному ходу процесса. Машина Мясоедова предназначена для отливки чугунных труб, но может быть применена и для отливки стальных, медных, латунных и т. д. так же, как и принцип непрерывной разливки может быть применен при производстве самых различных металлов.

Не просто было создать установку для непрерывной разливки. Тысячи опытов пришлось проделать, прежде чем из нее пошел в промышленность первый доброкачественный металл. Это произошло в мае 1955 года в новомартеновском цехе завода «Красное Сормово».

Нельзя сказать, что и сегодня установки непрерывной разливки стали работают идеально, хотя число их за минувшие годы значительно выросло. Нет, конечно, нет! Прежде всего, еще слишком мала их производительность — всего около метра в минуту скорость движения слитка из кристаллизатора. Но ведь и скорость полета первых самолетов составляла всего 40—50 км в час, а сегодня она выросла в 40—50 раз. Вырастет и скорость движения слитка, увеличится и производительность установки. За этим методом разлива стали — большое будущее.

ВОРОТА МЕТАЛЛА

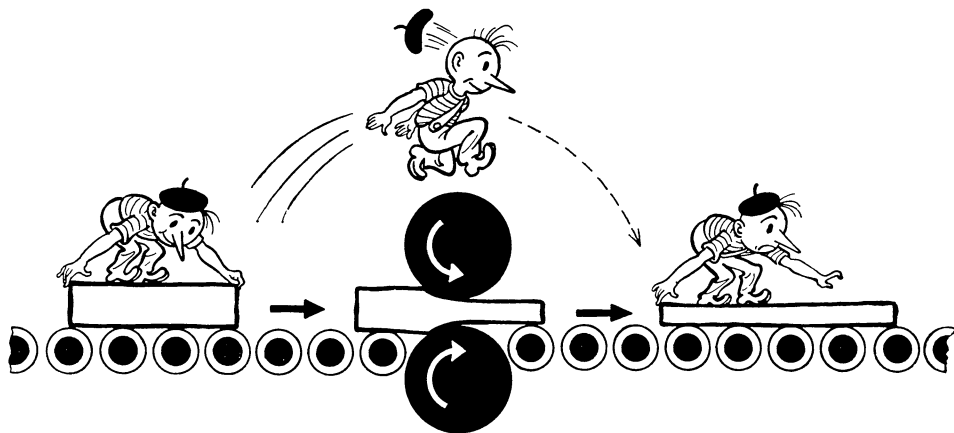
Да, мимо этой машины нельзя пройти, не заметив ее! Она одна занимает целый гигантский цех, растянувшийся чуть не на полкилометра. Ее главный двигатель имеет мощность в 5—7 тысяч лошадиных сил, а общий вес механизмов составляет 3—4 тысячи тонн.



Это — блюминг.

Блюминг — это ворота, сквозь которые неизбежно проходит весь прокат в стране. Все, что имеется у вас дома, кроме сковородок и чугунов на кухне, — перо в вашей ручке, гвозди, железные детали часов, корпус холодильника, детали замка, коньки, водопроводные трубы, — все сделано из металла, когда-то прошедшего сквозь эти ворота.

Принципиально устройство блюминга как будто бы и не очень сложно. Главное в нем — прокатные валки диаметром иногда свыше метра. На валках выбраны углубления — ручки. Именно сквозь них проходит прокатываемый слиток. Верхний валок подвижный — он может опускаться и подыматься, увеличивая и уменьшая просвет между валками. К валкам и от них ведут рольганги. Главный пост управления расположен на возвышении перед станом. Здесь находятся два оператора.



Нелегко раскатать огненное тесто

Вот слиток — прямоугольная, двухметровой длины глыба металла весом в 5, а то и 8 тонн, раскаленная до температуры в 1100—1220 градусов, разбрасывая искры, выползает из нагревательной печи. Ее подхватывают железные катки рольгангов и несут к валкам блюминга. Перед самой заготовкой те приходят в движение и захватывают ее самым широким ручьем. Словно кусок пластилина в пальцах ребенка, сминается металл в железных ладонях блюминга. Летят искры, и с другой стороны валков выходит уже несколько обжатый слиток. Его подхватывают рольганги и относят на некоторое расстояние от валков.

Нет, работа блюминга еще далеко не закончена. Рольганги не уносят далеко слиток. Они вдруг изменяют направление движения и возвращают его к валкам блюминга. Те несколько сдвинулись, просвет между ними стал меньше. И снова обминается податливый металл.

Так происходит несколько раз. Специальные устройства — кантова-

тели — переворачивают слиток с боку на бок, пока его форма не станет строго соответствовать требующейся. Обычно это бывает прямоугольник со стороной от 125 до 450 мм. Впрочем, иногда блюминги прокатывают и слябы — плоские заготовки толщиной в 75—125 мм, шириной от 400 до 1600 мм.

Но вот требующийся профиль получен. Рольганги относят прокатанный слиток, ставший вдруг неожиданно длинным, в другой конец цеха. Здесь гигантские ножницы отрезают от него концы, которые тут же специальный конвейер уносит на переплавку, и разрезают его на части требующейся длины.

Тяжело было бы рабочему, если бы ему пришлось управлять всеми механизмами гигантского стана, включая и выключая их по ходу операции.

К счастью, гигантская машина хорошо автоматизирована. Оператор только «набирает» на специальном щите требующуюся программу обработки. Он как бы отдает этим приказание, сколько раз пропустить слиток сквозь валки, на какую величину при каждом проходе уменьшать просвет между ними, когда перевернуть слиток и в какой ручей направить. А затем автоматически действующие механизмы точно выполняют все его распоряжения.

Во время прокатки слитка за ним непрерывно наблюдают внимательные зрачки фотоэлементов. Вышел слиток из нагревательной печи, попал на рольганг — и фотоэлементы включают их на движение к валкам главной клетки. Прошел он валки — и фотоэлементы переключают вращение рольгангов на обратное. Нет, не ошибаются умные автоматы!

Прошедший блюминг металл поступает в прокатные станы меньшего размера. Они превращают блюмсы в рельсы, швеллеры, двутавры, в сортовой прутковый металл разнообразных размеров и форм сечения. В тот вид, который охотно используется машиностроением, — в прокат.

Так приходит к нам сегодня черный металл. Три основных этапа его превращения мы видели.

Первый этап — рождение из руды в вулканическом жерле доменной печи. Увы, лишь для немногих целей может быть использован получаемый там непрочный сплав железа и углерода, и поэтому его укладывают в пламенную колыбель мартена — окрепнуть, переродиться в сталь.

Второй этап — это переработка чугуна в сталь. Мы насчитали три практически применяемых вида такой переработки — в мартеновских печах, в бессемеровских конверторах и в электропечах. Но не так уж много вещей в нашем народном хозяйстве делается из литой стали. Поэтому слитки стали, полученные в изложницах, пропускают через блюминг и прокатные станы.

Обработка в валках блюминга — третий этап рождения металла.

А не слишком ли длинна эта дорога, которую должен пройти металл только для того, чтобы стать грубой, необработанной заготовкой, из которой еще предстоит сделать полезную вещь — прокатать рельс, отлить маховое колесо двигателя, огковать лемех плуга?

ВЕЛИКИЙ УСКОРИТЕЛЬ

«Так как горением в таком газе (воздухе, обогащенном кислородом.— *М. В.*) можно получить очень высокие температуры, полезные во многих (особенно при освещении и в металлургии) применениях, то быть может, что придет время, когда указанным путем станут на заводах и вообще для практики обогащать воздух кислородом...»

Это написал великий Менделеев в своих «Основах химии». Сто лет прошло с тех пор, и мы сегодня видим в применении кислорода один из важных путей интенсификации и совершенствования металлургии. Как далеко вперед умел предвидеть русский химик!

Мы уже говорили о ряде применений кислорода при производстве стали. Однако их значительно больше, чем мы перечислили.

Хорошие результаты дает обогащение кислородом дутья в доменных печах. Правда, при этом резко сужается факел пламени у фурм, через которые подается дутье, но это не мешает обычно нормальному ходу процесса. Зато велики выгоды.

Снижение количества азота в дутье уменьшает его общее количество и, значит, позволяет газам медленнее двигаться через слои шихты. Это улучшает процесс.

Медленное движение газов и снижение их количества позволяют им лучше охлаждаться, подходя к колоснику. Это уменьшает тепловые потери доменного процесса с отходящими газами.

Становится более богатым, энергоемким колошниковый газ. При дутье, содержащем 35 процентов кислорода, получается колошниковый газ, не уступающий по теплотворной способности обыкновенному генераторному.

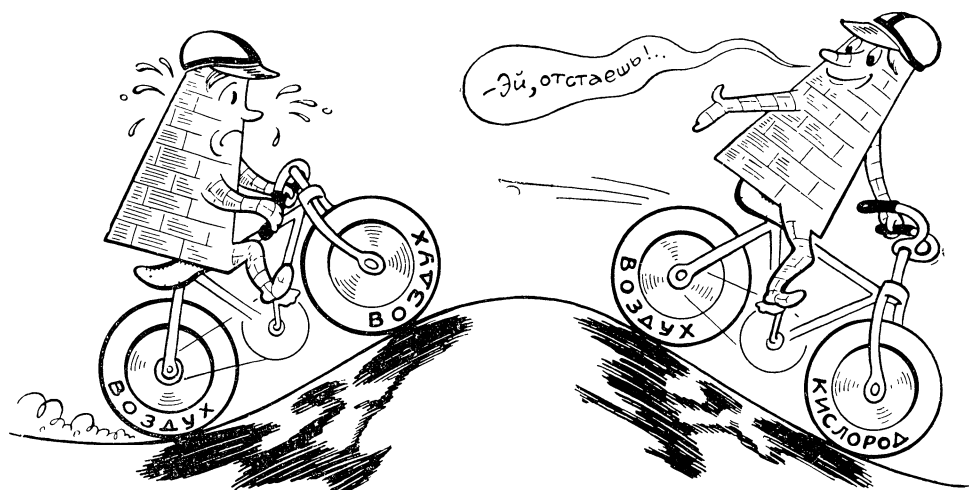
Ну и, конечно, значительно растет производительность домны. К тому же обогащение дутья кислородом до 35 процентов его содержания не требует конструктивной переделки печи.

Интенсифицирует кислород и мартеновский передел стали. На многих заводах страны уже применяется обогащение подаваемого в мартены воздуха.

Никакой специальной переделки мартеновских печей это не требует, а процесс начинает идти значительно интенсивнее.

Применяется и продувание кислорода сквозь жидкий металл, находящийся в мартеновской печи. Для этого служат специальные фурмы, вводимые в нужный момент сверху в металл. Это несколько напоминает применение кислорода в бессемеровском конверторе.

И в результате на заводе «Запорожсталь», например, продолжительность плавки сокращается с девяти часов до шести.



Добавочный кислородный паек не мешает.

Интересны опыты с продувкой чугуна кислородом прямо в ковше, до заливки его в мартен. При этом — как это похоже на кислородное бессемерование! — частично выгорают кремний, марганец, углерод и можно варить из такого чугуна сталь в мартене без всякой добавки железного лома.

...Все чаще применяется кислород в производстве черного металла. Но это еще только первые шаги. Более крупные великий ускоритель сделает в ближайшем будущем.

В своем докладе на XXI съезде КПСС Н. С. Хрущев подчеркнул, что применение кислорода в металлургии найдет в годы семилетки широчайшее применение. «За счет этого, — сказал он, — можно будет увеличить производительность доменных печей на 8—10 процентов, мартеновских печей — на 20—30 процентов».

Дорогу кислороду!

РАЗВЕДЧИКИ ИДУТ В БУДУЩЕЕ

Да, постоянно совершенствуются, ни на минуту не застывая в раз найденных формах, все звенья этого гигантского и сложного аппарата, служащего для превращения ржавых, бурых камней руды в сверкающий металл. Ученые, инженеры, новаторы — смелые разведчики будущего — выискивают новые и новые пути ускорения процессов, повышения производительности агрегатов, облегчения человеческого труда. И, конечно, в этом огненном конвейере есть еще много, что можно усовершенствовать. И в конце концов будут созданы типовые автоматические металлургические комбинаты, в которых окажется лишним присутствие людей. Все — и управление домной, и составление шихты для нее, и тонкое, ювелирное руководство сталеплавильными печами, и производство проката — возьмут в свои железные руки автоматические машины, снабженные электронными счетно-решающими устройствами. Может быть, один, может быть, два человека будут на целом комбинате для наблюдения над работой некоторых устройств, и все.

Возможно ли это? Да. Скоро ли это произойдет? Нет, конечно, не скоро. Но, может быть, таких комбинатов не будет и никогда, ибо уже давно, оценивая критическим взглядом этот грандиозный конвейер, и специалисты-металлурги и молодые рабочие, впервые знакомящиеся с ним, задают себе один и тот же вопрос: неужели невозможно осуществить это превращение более простым способом? Не через три ступени, а через одну? Существуют, наверное, тысячи проектов реорганизации всего металлургического процесса таким образом, чтобы сразу же получить не «свинское железо» — чугуна, а сталь требующегося состава.

Действительно, чего бы, казалось, проще. Чугун собирается на самом дне доменной печи. Устроить в нем отверстия да за пятнадцать минут до выпуска металла продуть через расплавленный чугун кислород, выжечь из него углерод прямо в домне и слить в ковши уже малоуглеродистую сталь. И хотя сделать так никто не пробовал, но, по всей вероятности, ничего не получится. Дело не только в том, что бешеный вихрь огня, газов, который начнет бушевать над чугуном, как он бушует над конвертором, нарушит ритмичный, размеренный ход печи. Нет, просто в домне столько углерода, что освободиться от него там невозможно.

А между тем пути прямого получения железа из руды есть. Их знали уже первые древние мастера. Нет, не утрачены их секреты. И сегодня в нашей стране, на Сулинском металлургическом заводе, в небольших количествах для специальных целей выплавляют сталь из руды в тиглях. В большие горшки из огнеупорной глины закладывают послойно железную руду, уголь, известняк. Затем тигли помещают в печь и нагревают до температуры около 1000—1100 градусов. Мы знаем, что при такой температуре ни железо, ни пустая порода не плавятся. Но за

ДА, И ТАКИЕ КРУЖЕВНЫЕ МОСТЫ ВОЗДВИГНУТ ИЗ СВЕРХПРОЧНЫХ СПЛАВОВ.



50—60 часов «плавки» уголь успевает восстановить железо, и его извлекают из горшков в виде спекшегося губчатого куска. Его надо проковать, но это железо, а не чугун.

К сожалению, заменить трехступенчатый процесс домна — мартен — блюминг этот медлительный и неэкономичный способ не может. Он только свидетельствует, что пути есть. Ищите!

А вот и попытка найти такой путь. Осуществлена она у нас, на Орско-Халиловском металлургическом комбинате.

Там работает цилиндрическая наклонная вращающаяся печь. Такого типа печей немало можно встретить на разных металлургических заводах. Но никто прежде не применял их для получения железа. В возвышающийся ее конец загружают руду, флюсы, уголь — все в измельченном виде. По мере вращения печи вся эта смесь постепенно скатывается к нижнему концу, а там бьется горячий факел пылеугольного или газового пламени. Газы горения с начальной температурой в 1200—1300 градусов движутся навстречу потоку шихты.

Пустая порода при этой температуре сплавляется с флюсами, образуя вязкие малоподвижные шлаки. А восстановленное железо спекается в комья — крицы. Полученную смесь железа и шлаков охлаждают водой, дробят и рассортировывают магнитным сепаратором. До 35 тысяч тонн крицы в год дает одна такая печь.

Но и этот способ не выдерживает экономического соревнования с существующими. И он только подтверждение, что надо искать.

Вероятно, большие возможности таит в себе обжиг руды в кипящем слое.

Представьте себе большой сосуд, в дне которого проделана масса дырочек и сквозь них непрерывно врывается воздух. Насыпьте теперь в этот сосуд какой-нибудь муки, песка или пыли. Частицы насыпанного вами вещества станут как бы висеть в потоке газов, непрерывно перемешиваясь, образуя волнующийся слой как бы кипящей жидкости. В таком слое очень интенсивно идут многие химические реакции.

Теперь представьте, что в вашем сосуде находится не пыль и песок, а мелко размолотая железная руда и через отверстия в дне врываются раскаленные газы, обладающие способностями восстанавливать железо. Конечно же, в вашем кипящем слое интенсивно пойдет этот процесс восстановления.

Сделайте теперь пол сосуда наклонным, в верхней части подавайте струйкой порции размолотой руды, с нижней сливайте частицы железа и пустой породы на ленту магнитного сепаратора.

Вот и готова первая модель печи с кипящим слоем для бездоменного производства. Сейчас этот метод проходит первые лабораторные испытания. Может быть, они и окажутся удачными.

Но это вовсе не значит, что не надо будет думать над дальнейшим

усовершенствованием процесса или что не может быть совершенно другого, еще лучшего решения. Ищите его!

Однажды, в добрую минуту, думая о будущем, известный советский ученый-металлург Иван Павлович Бардин сказал:

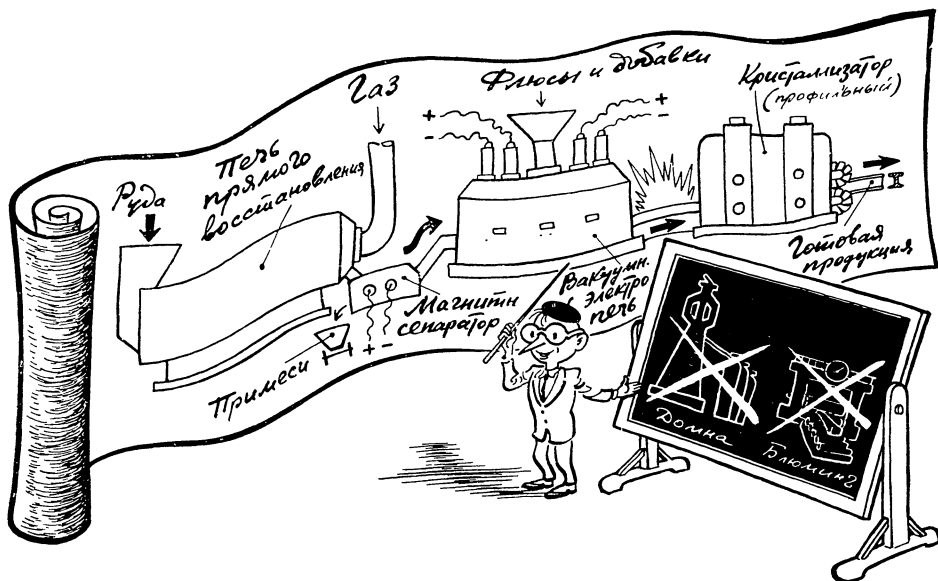
— Нет, конечно, существующая сегодня технология получения черного металла далеко не лучшая из возможных... Почему бы не выкинуть из этой технологии все промежуточные энергоемкие, трудоемкие и дорогие процессы и не получать непосредственно из руды чистое железо или сталь требуемого состава, причем сразу в форме готового изделия — рельса, швеллера, двутавровой балки? Почему бы не сделать этот прерывистый сегодня процесс — сначала заготовили руду, потом выплавляли чугуна, потом его перерабатываем в сталь и т. д. — непрерывным?

По-моему, это безусловно возможно, и будущая металлургия откажется от принятой сегодня технологии. Современные доменные, мартеновские печи и бессемеровские конверторы, блюминги и слябинги — все эти аксессуары современной техники не будут приняты техникой будущего.

Конечно, нельзя считать, что, например, через ближайшие десять лет мы начнем ломать доменные печи и на их месте воздвигать какие-то новые устройства для получения чистого железа. Нет, доменный процесс еще не исчерпал себя, он поддается дальнейшему совершенствованию, доменные печи мы строим и еще будем долго строить. Доменная печь и сегодня самый сложный агрегат, снабженный огромным количеством автоматических устройств, обслуживаемый всего несколькими рабочими. Домна завтрашнего дня будет полностью автоматической. Управлять ее работой станет электронная счетно-вычислительная машина, получившая соответствующую программу действий на все возможные случаи отклонения процесса от расчетного.

В ближайшие же годы процесс получения металла станет непрерывным. Из доменной будет непрерывно поступать чугуна (и сегодня доменная, дающая тысячи тонн в сутки, производит его более тонны в минуту), сквозь горячую струю только что выплавленного чугуна продуют кислород — жаркое пламя встанет над ванной, в которой пойдет этот процесс. Пламя унесет с собой излишний углерод, серу, фосфор — все те примеси, которые ухудшают качество металла. Уже не струя чугуна, а сталь льется в дозатор разливочной машины непрерывного действия. А стальные слитки сразу же попадут к ваннам прокатных станов и превратятся в изделие. Такой непрерывный технологический процесс автоматизировать проще, чем сегодняшней, прерывистой.

Вероятно — это еще не ближайшее будущее, а несколько более отдаленная перспектива, — коренным образом изменится вся конструкция доменных. Устройство, в котором происходит восстановление ме-



Металлургия без домны и блюминга? Да, это будущее металлургии.

талла, будет горизонтальным агрегатом — вроде большой вращающейся трубы. В нее с одной стороны подадут хорошо очищенную порошкообразную руду — окись металла без всяких посторонних примесей, а с другой стороны — восстанавливающий газ, например водород. При таком технологическом процессе можно получить металл в виде мелкого порошка, который после добавки соответствующих легирующих элементов идет на переплавку или сразу на прессование...

Ученый заговорил о другом. Придя домой, я сразу же записал все то, что привел здесь, не изменив ни строчки. И мне нечего к этому добавить, кроме, может быть, только одного слова, которое уже неоднократно встречалось в этой главе:

— Ищите!

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ АВТОМАТ

Наверное, в тот год, когда в специальных журналах, статьи которых понятны только узкому кругу специалистов, посвященных в тайны профессионального разговора, и поэтому издающихся крайне мизер-

ными тиражами, появятся сообщения о пуске первого автоматического металлургического комбината, для широкой публики это пройдет почти незамеченным. И толпы людей не будут останавливаться у макета этого завода, выставленного в одном из павильонов ВДНХ в Москве. Действительно, разве останавливаются посетители ВДНХ у макетов сверхсовременных домен и мартенов? Специалисты уже полностью «з курсе» — их интересует следующий запланированный шаг их науки, а неспециалисты пойдут в другие павильоны: к коллекции марсианских растений, собранных первой только что вернувшейся экспедицией, к действующему макету термоядерной электростанции, достраиваемой в районе Алдана, к образцам горных пород, поднятых с глубины в 29 километров при бурении разведочных скважин...

Но сегодня многие полжизни не пожалели бы, чтобы хоть взглянуть на этот макет, который будет так неинтересен завтра.

Попробуем же представить себе сегодня этот макет.

...Агрегаты металлургического завода вытянуты в одну линию. Это русло, по которому течет река металла. Но у ее истока нет огненного родника доменной печи, вместо нее — какая-то положенная на опоры вращающаяся горизонтальная труба.

— Печь прямого восстановления, — говорит экскурсовод.

В печи гудит пламя — макет завода работает точь-в-точь как его настоящий двойник.

С одной стороны с трубу шнековый питатель подает мелко измельченную руду, с другой стороны в нее «впадает» труба, по которой поступает горячий газ.

— В нем, в частности, содержатся окись углерода и водород, — поясняет экскурсовод.

Из печи прямо на барабан магнитного сепаратора высыпается какой-то порошок. В нем поблескивают металлическим блеском крупинки неокисленного металла. Сепаратор тщательно отбирает их и отправляет в приемный бункер электропечи, а пустую породу другой транспортер уносит в цех расположенного на этом же макете цементного завода.

Электропечь поражает своей величиной. Она даже больше той газовой печи, в которой родился металл. Несколько пар угольных электродов проходят внутрь сквозь ее крышку. Впрочем, здесь же расположены устройства для индуктивного разогрева и плавления металла. Не в зависимости ли от требуемого качества металла используется тот или иной способ ведения плавки? Экскурсовод подтверждает нашу догадку.

Здесь, в электропечи, в металл поступают требующиеся легирующие вещества и происходит полное или почти полное освобождение от нежелательных примесей. Да, плавка идет в вакууме. Это помогает

почти полностью избавиться от растворенных в металле газов. Целое семейство вакуум-насосов расположилось рядом с электропечью, да и весь дальнейший путь, вплоть до полного остывания, металл совершает в вакууме: ведь управляют всеми механизмами, производящими с ним те или иные операции, автоматы, а им вовсе не нужен атмосферный воздух.

Металл переливается из одной секции электропечи в другую, и автоматы тщательно следят за его составом. Одни наводят на нем шлак, другие снимают его, третьи осуществляют еще какие-то операции. И вот он покидает электропечь.

На макете следующая часть установки сделана прозрачной, и мы видим, как тонкая струйка металла попадает в кристаллизатор. Это две бесконечные ленты, подобные гусеницам трактора, приложенным плашмя друг к другу. Между их соприкасающимися звеньями и кристаллизуется металл. И из них выходит еще раскаленная добела, но уже полностью сформованная узенькая — это же макет! — двутавровая балка. Ее здесь же разрезают подвижные газовые резаки, и готовые двутавры направляются в очередную печь на термообработку. Вот рядом с макетом лежит и пачка таких двутавров, уже остывших. Их раздают на память посетителям выставки.

Возьмем и мы... Какой странный этот металл! На темном фоне его явственно виден пестрый узор, напоминающий восточные письмены. А как упруг он!

— Не догадались? — улыбаясь, спрашивает экскурсовод. — Это булат — загадочный сплав древних металлургов. Наш макет настроен на выпуск именно этого сорта стали. Конечно, его большой двойник не занимается этой детской игрой, он выпускает металл значительно лучших свойств. Ну, а здесь для экзотики мы решили...

— А скажите, сколько человек работает на этом заводе? Какова выплавка металла на одного рабочего в год?

— Нелегко ответить на ваш вопрос, — задумывается экскурсовод. — Дело в том, что на этом заводе совсем нет рабочих. В день приема государственной комиссией после отладки все помещения завода были запломбированы. Управляют заводом тоже автоматы. Они составляют и отчетность — о количестве выработанной продукции, проценте брака, качестве полученных заводом исходных продуктов... Они же составляют заявки на требующееся заводу сырье. Правда, раз в два месяца разъездная бригада ремонтников заезжает на завод и производит профилактический ремонт, но эта бригада обслуживает целую группу заводов... Если разделить продукцию завода на них да на немногих рабочих, следящих за подвозом сырья и отправкой готовой продукции, эта производительность будет в сотни раз больше той, максимальной, которую вы знаете...

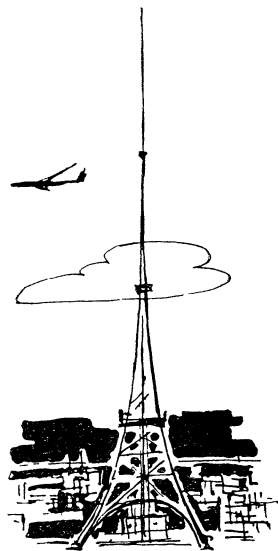
Давайте отойдем от макета. К нему еще далек путь сквозь время, сквозь творческий труд конструкторов и изобретателей. Но в нем ведь нет ничего невозможного. Все его узлы и детали уже испытаны поодиночке. Их осталось связать в один надежный механизм. И это, безусловно, будет сделано.

Может быть, и не таким он будет в деталях — металлургический завод будущего. Может быть, не вращающаяся печь прямого восстановления, а электродомна или восстановление в кипящем слое будет источником металлургического потока. Может быть, не добавкой легирующих примесей, а обработкой радиоактивным излучением будут создавать тот или иной химический состав сплава... Это все детали. А главное состоит в том, что это будет автоматическая непрерывная линия, обеспечивающая огромные количества высококачественного металла при минимальной затрате труда. Это — будет!



IV

ПРОЧНОСТЬ



Бывает такое.
Лежит кружевной мост, смело переброшенный над трехсотметровой глубины провалом. Далеко одна от другой опоры, звенят стальные нити его переплетов. Ох, не обвалится ли он? Страшно ступить на поюшие под ветром листы проложенной по нему дорожки. Но на него спокойно въезжает тяжелый состав. Напружится, чуть присядет на опорах мост. Нет, он не обрушится и под тройной такой тяжестью. Он прочно построен.

Звенит в небе сверхзвуковой самолет. Спросите у летчика, он скажет, как напряжена во время этого полета буквально каждая деталь самолета. Встречный воздух, ласково овевающий щеки и лоб велосипедиста, превращается почти в твердое тело, когда скорость приближается к скорости звука. Он стремится отломить крылья, скомкать фюзе-

26	Fe	Железо	55,85
----	----	--------	-------

ляж этой дерзкой металлической птицы, отважившейся на таких скоростях вступить с ним, воздухом, в единоборство. Невидимые, но яростные вихри тшцтся вызвать вибрацию, растряссти самолет, растащить на части. Но летчик спокоен — он уверен в прочности своей машины.

А бывает и другое. Каким незыблемым монолитом казалась еще вчера эта паровая турбина, и вот произошла авария. Искромсан металл корпуса, разорван в клочья. Срезаны, словно бритвой, тяжелые болты, казалось, навечно приковывавшие ее тело к бетонной скале фундамента. Отдельные детали разбросаны по всему турбинному залу, и некоторые через разбитое окно вылетели наружу...

История техники знает обрушившиеся гигантские мосты, обвалившиеся здания, сплюснутые ветром нефтехранилища и ангары. И нередко причиной оказывалась недостаточная прочность металла.



Фокус? Нет, точный расчет!

ния, корпуса которых выдерживают чудовищные напряжения, реактивный сверхзвуковой самолет, космическая ракета и т. д.

Да что там! Даже всем известную автомашину «Волгу» и то невозможно было бы изготовить из металлов, с которыми работали в начале века. А если бы ее все-таки построили, придав всем ее деталям тот же запас прочности, она оказалась бы тонн в пять весом! Тяжелая, неповоротливая...

Конечно, и достигнутые нами сегодня результаты прочности метал-

Прочность... Это главное свойство металла. Бронза вытеснила камень потому, что она оказалась прочнее камня, Железо вытеснило бронзу потому, что в этом споре оно оказалось прочнее.

Наряду с великой борьбой за металл идет и великая борьба за прочность металла. И немалы уже достигнутые успехи в этой борьбе.

Знаете ли вы, что целого ряда машин, ставших сегодня для нас повседневной реальностью, нельзя было бы построить, если бы их создатели могли оперировать только теми металлами и сплавами, которые существовали всего пятьдесят лет назад?

Невозможны были бы в этом случае мощные паровые турбины, лопатки которых испытывают чудовищные инерционные усилия, паровые котлы сверхвысоких параметров, при которых трубы работают на грани вишневого каления, высотные зда-

ла — не предел. И люди начала ХХІ века будут удивляться, как мы с нашими непрочными металлами смогли покорить воздушный океан и создать искусственную планету, и вычислять, какими бы неуклюжими стали их машины, если бы их сделать из нашего металла...

Будем же стремиться быстрее сделать наш металл таким же прочным, каким будет металл будущего века.

ИСПЫТАНИЕ ХАРАКТЕРА

А что такое прочность металла?

Рассказывают, что, когда Бессемер получил первый слиток металла, продутый в контейнере струей воздуха, он схватил топор и трижды ударил по еще не остывшей чушке. Закаленное лезвие глубоко вошло в мягкое, податливое железо. Бессемер чуть не закричал от радости: ведь проведенная проба показала, что он действительно изготовил из чугуна мягкую сталь.

В наше время, конечно, этой пробы было бы недостаточно. У нас существуют целые большие лаборатории для выяснения механических свойств металлов, разработаны специальные приемы испытания прочности материалов, способности их сопротивляться различным нагрузкам. Существуют машины для проведения этих испытаний.

Одни из этих машин разрывают образцы металлов, имеющие строго определенные размеры и форму, растягивая их, как разрывают в руках непрочную веревку. Другие стискивают между своими стальными ладонями чугунные столбики до тех пор, пока они не начинают рассыпаться. Третьи обрушивают на образцы неожиданные мгновенные удары. Четвертые, наоборот, проводят испытание в течение целых недель и месяцев — они то напрягают образец, то отпускают его, и так раз за разом, тысячу раз в минуту, не давая ни секунды покоя, словно ждут, когда устанет металл от этой пытки. Есть машины, которые, не изменяя усилия, держат неделями и месяцами под напряжением испытываемый образец, к тому же нагретый до температуры красного каления. Какие только экзамены не устраивали ученые, чтобы точнее выяснить качества и возможности металлов!

Наиболее распространенным и важным является испытание на растяжение. Оно осуществляется обычно на специальных прессах. В зажимное устройство такого пресса вставляется образец строго определенной формы и размеров. Пресс позволяет постепенно равномерно увеличивать нагрузку и автоматически замерять удлинение образца под влиянием этой нагрузки. Тонкая стрелка одного из механизмов этого пресса вычерчивает на миллиметровой бумаге кривую, взглянув на ко-

тору, специалист сразу скажет, какое удлинение образца соответствует тому или иному растягивающему усилию пресса.

Понаблюдаем и мы за движением стрелки во время такого опыта. Проходит испытание образцов, выточенных из стали. Лаборант измерил его размеры, убедился, что они соответствуют принятому стандарту. Щелчок запорного механизма — и образец в прессе. Включение рубильника, загудел электромотор, и образец начинает растягивать все увеличивающаяся сила. Вздрыгнуло и поползло по желтой сетке миллиметровки перо самописца.

Оно выписывает прямую линию. Это значит, что удлинение образца прямо пропорционально увеличению растягивающего усилия. Вверх и вверх движется перо, чуть наискось пересекая линии клеток. Если сейчас отпустить груз, перо самописца по этой же самой линии вернется в исходную точку: стальной образец примет те же размеры, что и до начала испытаний. Это называется упругой деформацией. При такой деформации под влиянием напряжения несколько искажается расположение атомов в кристаллической решетке, но как только мы снимаем напряжение, они возвращаются на свои места, и все остается как было.

И вдруг прямая линия кончается. Перо поворачивает, описывая плавную кривую, и вот оно уже снова движется по прямой, но не пересекающей наискось клетки миллиметровки, а параллельно одной из линий. Это значит, что удлинение образца продолжается, хотя растягивающая сила остается прежней.

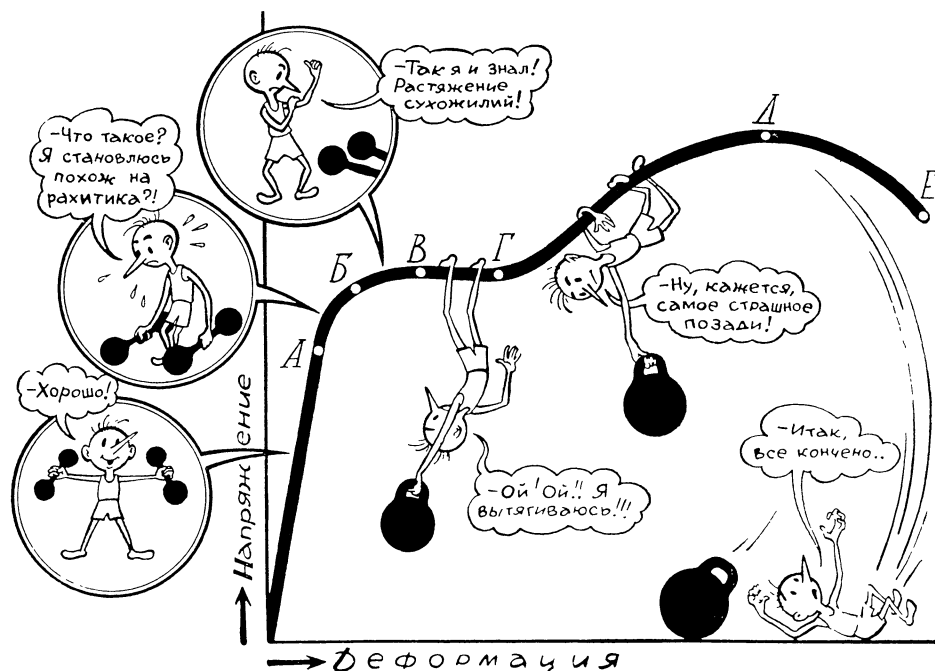
Найдем на вычерченной диаграмме точку (А), где начала искривляться прямая линия. Эта точка соответствует тому усилию, при котором кончилось пропорциональное усилию удлинение образца. Поэтому она и называется пределом пропорциональности.

Если снять нагрузку с образца, перешедшего предел пропорциональности (В), перо самописца не вернется в исходную точку по уже пройденному пути. Оно прочертит прямую, параллельную линии пропорционального удлинения. Это значит, что образец после снятия нагрузки не вернется к исходным размерам — он окажется несколько длиннее. Величина, на которую он станет теперь больше, называется остаточным удлинением. Она равна всему тому удлинению, которое образец получил после того, как перешагнул через точку предела пропорциональности. Особенно интересна горизонтальная прямая (В—Г) — тот участок диаграммы, который отображает продолжающееся удлинение образца при одном и том же напряжении.

«Материал «течет», — говорят инженеры. Он словно бы потерял способность сопротивляться нагрузке. И вдруг течение металла прекращается. Металл, будто устыдившись своего малодушия, обретает новые силы для сопротивления. Нет, он не сдается так просто, он еще поборется! Линия, вычерчиваемая самописцем, снова поворачивает

вверх (Г—Д). Перо выписывает сложный зигзаг, который становится все отложе, и...

Взгляните на наш образец. Трудно приходится ему! На его прежде ровной поверхности отчетливо виднеется сужение, шейка. Удлинение его становится все больше, хотя нагрузка и не увеличивается, а наоборот,



Так сопротивляется растяжению сталь...

уменьшается. Кривая, пройдя кульминационную точку, поворачивает вниз. И сухой треск, вроде пистолетного выстрела, возвещает, что образец разрушен (Е). Он разорвался как раз в том месте, где образовалась шейка, сужение. Испытание закончено.

Проводивший его лаборант измеряет величины характерных точек диаграммы и заносит их в паспорт металла. Он записывает предел текучести, предел прочности — то максимальное напряжение, которое еще выдерживал металл. Он измеряет длину обрывков образца и вычисляет относительное удлинение его в результате испытаний. Все это будет чрезвычайно важно знать тем инженерам и конструкторам, которые за-

хотят применить эту марку стали в машинах, механизмах, сооружениях. Конечно, в паспорте металла, который вы можете найти, раскрыв справочные таблицы, стоят не конкретные цифры этого испытания, а полученные в ряде испытаний и отнесенные к единице поперечного сечения металла — к квадратному миллиметру или квадратному сантиметру.

Далеко не каждый металл и сплав ведут себя так, как эта сталь. Если бы мы испытывали медный образец, мы увидели бы, что прямая, соответствующая упругому удлинению, пошла бы значительно отложе — меньшее усилие вызвало бы большую деформацию. Горизонтального участка, соответствующего пределу текучести, у него не было бы совсем. Чугунный образец очень скоро лопнул бы, едва-едва перешагнув за свой предел упругости.

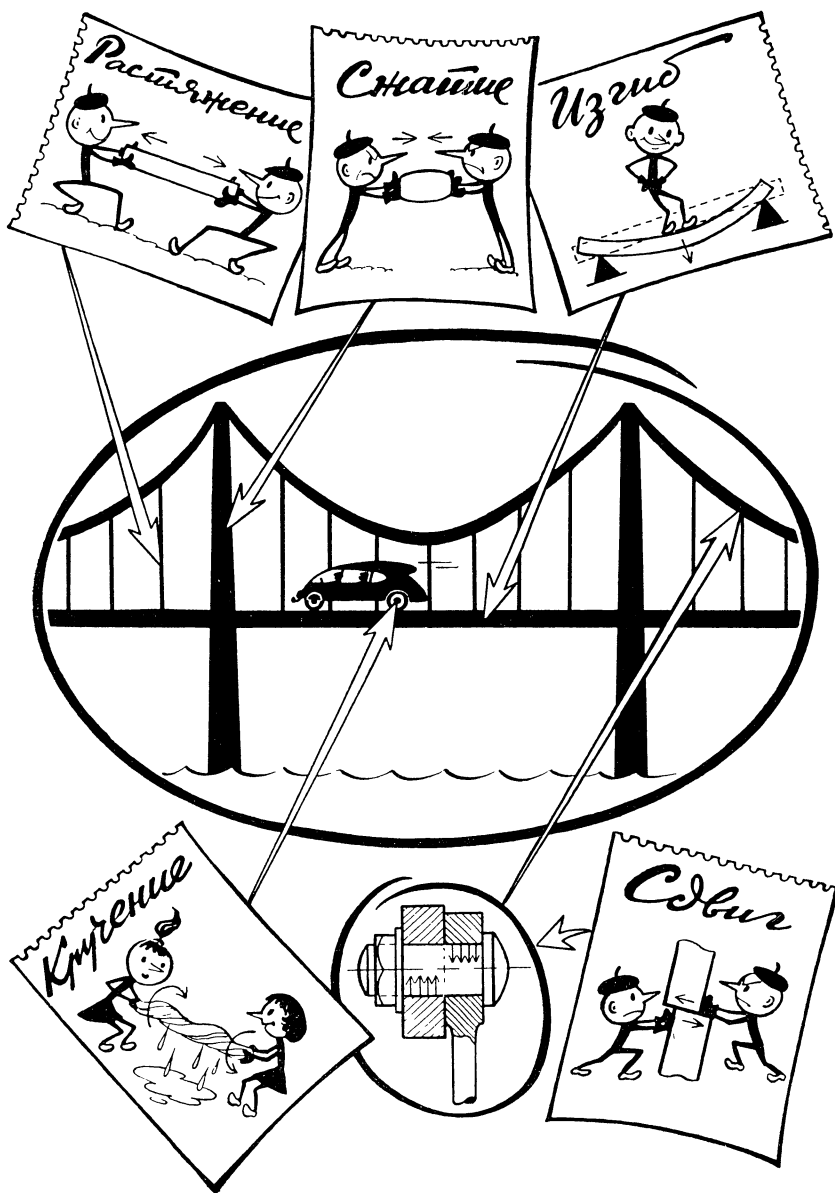
Самые разнообразные кривые можно получить, испытывая различные материалы на растяжение. Ведь весьма различны их свойства. Лезвие безопасной бритвы, согнутое в кольцо, — отпустите пальцы — со звоном распрямится, без всяких остаточных деформаций. Алюминиевая или медная проволока покорно примет любую форму, которую вы ей придадите. Трудно разорвать руками стальную проволоку, но можно разорвать медную и т. д. и т. п.

МЕТАЛЛ РАБОТАЕТ, УСТАЕТ, ПОЛЗЕТ...

Конечно, одним испытанием прочности материала на растяжение нельзя представить себе полной характеристики всех возможностей материала. Например, чугун, такой непрочный на растяжение, оказывается, совсем неплохо выдерживает сжатие. Поэтому приходится производить целый ряд испытаний, прежде чем удастся заполнить все клетки справочника, выяснить все прочностные характеристики металла.

Какие нагрузки приходится испытывать деталям машин, частям конструкции в их, так сказать, практической жизни? Да самые различные! Но все их можно свести к нескольким простым. Вот они.

Первое — это, конечно, растяжение. Видели вы в Москве подвесной Крымский мост через Москву-реку? Если окажетесь рядом с ним, обязательно посмотрите. Его главный пролет подвешен к гигантской металлической конструкции, укрепленной на установленных с обеих сторон моста массивных стойках. Так вот, стальные стержни, на которых подвешен мост, испытывают растягивающее усилие от веса моста. Как говорят инженеры, эти стержни работают на растяжение. На растяжение работает и гигантская цепь, к которой подвешены эти стержни. А вот массивные стойки опоры этой цепи работают на сжатие. Сжатие — это второй очень важный и часто встречающийся вид нагрузки.



В какие только передраги не случается попадать металлу!

На сжатие работают фундаменты домов и машин, опоры мостов и ферм. Трудно сказать, работающих на сжатие или на растяжение деталей больше встречается инженеру?

Изгиб — еще одна важная форма нагрузки. На изгиб работают рельс, переброшенный вместо мостика через реку, ферма подъемного крана, подающего грузы на стройке, крылья самолета, которыми он «опирается» о воздух.

Работа на изгиб детали отличается от работы на сжатие и на растяжение. Там в работе участвует на равных основаниях все сечение детали. Узнать напряжение в каждом участке сечения можно, просто поделив общее усилие на площадь сечения. А при изгибе всегда остается центральный слой, который почти не работает. Если его извлечь, прочность детали на изгиб почти не уменьшается.

О скручивании — еще одном виде нагрузки — можно получить представление, вспомнив, как выжимают мокрое белье. Скручивание — тоже одна из распространенных нагрузок. На скручивание работают бесчисленные оси машин и многие детали конструкций.

Скручивание обладает той же особенностью, что и изгиб, — далеко не все участки сечения вала равно участвуют в сопротивлении внешнему скручивающему усилию. Особенно лениво ведет себя центр — реальная область вокруг оси вращения. Чем дальше от этой воображаемой линии, тем большее напряжение испытывает металл при скручивании. И само собой очевидно, что трубка равной массы металла будет несравненно лучше работать, чем сплошной стержень.

Есть и еще один — последний — вид статической нагрузки — сдвиг. На сдвиг «работает» железный лист, разрезаемый ножницами. Но, помимо статических, детали машин испытывают массу и динамических нагрузок. Взрывающийся в цилиндрах двигателя бензин ударяет в поршень, тот передает толчок шатуну, затем коленчатому валу и т. д. Даже тиканье ваших наручных часов — это непрерывные звуки ударов. И, конечно, инженерам необходимо знать, как ведут себя металлы при так называемых ударных нагрузках.

Статические нагрузки мы измеряем в килограммах, приходящихся на единицу площади. Ударные нагрузки характерны мгновенностью действия. Поэтому очень часто они измеряются количеством кинетической энергии, которую израсходовали при ударе, или, иначе, количеством работы, которую при этом совершили.

Хрупкие материалы обычно плохо противостоят ударам. Интересную особенность сопротивления пластических металлов этому виду нагрузки нельзя здесь не отметить.

Возьмите две стальные тонкие проволоочки — одну короткую, другую раза в три длиннее. Привяжите сначала короткую к гвоздю или ручке двери и попробуйте ее рывком оборвать, привязав свободный конец

к палочке, за которую удобно схватиться рукой. А теперь этим же способом попробуйте разорвать длинную. Вряд ли вы не почувствуете разницы в требуемом усилии. Длинную разорвать окажется куда труднее, чем короткую. Она лучше пружинит и смягчает ваш рывок.

Однако разрушить металл может не только статическое усилие, превосходящее предел прочности данного металла, не только динамический удар определенной энергии. Металл можно разрушить, то нагружая его, то разгружая, то вновь нагружая бесчисленное количество раз, хотя максимальная величина нагрузки и не будет слишком большой. А такие нагрузки встречаются в технике очень часто. Вспомните паровую турбину — струи пара из сопла ударяют в ней о лопатки. Лопатки начинают вибрировать. До 200 тысяч таких вибраций в минуту испытывает лопатка. И хотя максимальная величина вызываемой ими нагрузки, к тому же длящейся каждый раз очень недолго, значительно ниже предела прочности, ее длительное повторение может разрушить металл.

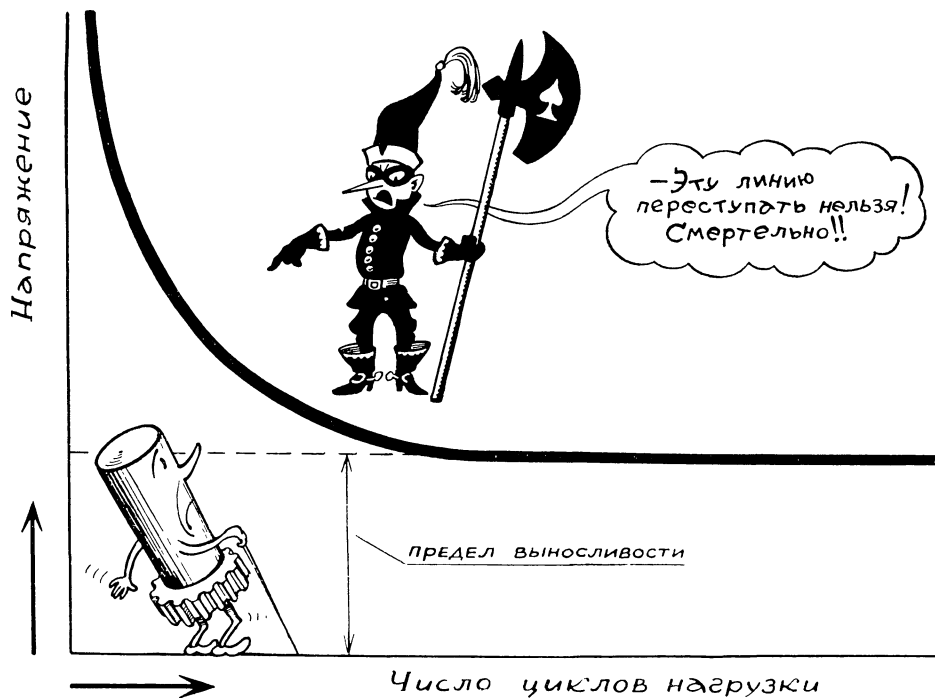
Опыты показали, что для чугуна и стали есть предел выносливости — величина меньшая такой переменной нагрузки, сколько бы раз ее ни прилагали к металлу, все равно его не разрушит. А большая — разрушит, например, через 50 млн. колебаний. Еще большая — через 4 млн. и т. д.

И эту характеристику металла надо знать, и эти испытания провести. Ведь сколько деталей машин работает у нас сейчас в условиях такой пульсирующей знакопеременной нагрузки! В их числе и оси поездов, и кривошипно-шатунные механизмы двигателей внутреннего сгорания, и рессоры автомобилей.

Разрушение металла от такого рода нагрузок называется усталостным разрушением. Металл как бы устает сопротивляться надоедливym нагрузкам и разрушается. Такое разрушение начинается со случайной царапины, трещины, неровности, проведенной резцом при снятии стружки. У этой царапины происходит местная концентрация напряжений. Раз за разом углубляется трещина, и наконец деталь ломается. Обычно это бывает абсолютно неожиданно: ведь невозможно увидеть снаружи развивающуюся в детали трещинку.

Предел выносливости — максимальное напряжение, еще не вызывающее разрушения металла, обычно в 2—3 раза ниже предела прочности, нередко ниже даже предела текучести этого металла.

Величина предела выносливости определяется свойствами изучаемого металла, но и в очень значительной степени состоянием его поверхности. Если образец имеет грубо обточенную поверхность, предел выносливости окажется для него меньшим, чем для другого образца, отличающегося только чистотой поверхности — отшлифованной или отполированной. Это и понятно: ведь разрушение начинается с концентрации



Никому не позволено выходить за рамки.

напряжений в какой-нибудь трещинке, а если ее нет, металл будет работать дольше.

...Сравнительно недавно произошло это — тогда, когда инженеры-теплотехники начали борьбу за подъем параметров пара — его температуры и давления.

Выгодность этого была доказана теоретически и ясна всем без исключения. Так в чем же дело? И начали проектировать и строить паровые котлы и турбины все более высоких параметров.

Котлы и турбины работали вначале отлично. Потом... Потом они переставали работать совсем. Сначала начали рваться трубопроводы высокого давления. Затем оказалось, что лопатки турбин чуть ли не скребут по пазам корпуса. Они почему-то удлинились, выросли. Это было удивительно: ведь нагрузка на них не выходила даже за пределы пропорциональности.

И тогда-то впервые было произнесено это слово -- крипп металлов, или иначе — ползучесть металлов.

Оказалось, что при высоких температурах металл под влиянием статических нагрузок ползет, удлиняется. Удлинившись, распухнув, разрывались паропроводы свежего пара, удлинялись и лопатки, постоянно работающие с этим очень горячим паром.

Правда, металл ползет очень медленно. Например, метровой длины стержень из углеродистой стали за год работы под нагрузкой в 100 кг на кв. см при температуре в 540 градусов удлинится всего на 15 мм. Но и этого с избытком довольно, чтобы остановить, испортить паровую турбину. Тем более, что уже незначительное повышение температуры — всего до 600 градусов — увеличивает скорость ползучести этого стержня почти в 10 раз.

Разные сплавы ползут по-разному. Одни начинают ползти при более высокой температуре, другие — при менее высокой. А какому огромному числу изделий из металла приходится работать при высокой температуре! Да, и эта характеристика нужна для инженера-конструктора. И без нее он не сможет спроектировать целого ряда современных машин.

...В конструкторском бюро стоит у чертежной доски инженер. На белом листе ватмана, приколотом канцелярскими кнопками к мягкому дереву доски, — наброски конструкции. В руке у инженера логарифмическая линейка — удивительно простой и удивительно удобный счетный прибор. На столике перед ним — справочники и бумага. Инженер не только чертит, он рассчитывает конструкцию.

Вот он думает над основанием машины — станиной. На ней встанет весь корпус станка, она должна быть прочной. Вместе с тем она должна быть и массивной, чтобы обеспечить устойчивость. Значит, материал, из которого станина будет сделана, должен быть дешевым. Что же это за материал?

Инженер смотрит в таблицы, где приведены различные характеристики металлов. Может быть, для этой цели применить сталь? Ведь одна из ее марок имеет допустимое напряжение при работе на сжатие, так привык говорить инженер, равное 1500 кг на кв. см. Но ведь то же самое напряжение выдерживает и значительно более дешевый чугун. И инженер останавливает свой выбор на чугуне.

А теперь он занят подбором материала для турбинных лопаток. Ротор этой турбины будет делать 3 тысячи оборотов в минуту. Центробежная сила схватит лопатку и начнет ее вырывать из ротора, попытается оторвать ее от основания. Инженер подсчитывает, перемещая движок логарифмической линейки, величину этой силы. Ого! Целые 4 тонны на 1 кв. см, не считая усилий от струй пара, которые тоже надо будет



Иногда это совсем не просто — найти нужную марку сплава.

учесть. Да ведь к тому же этой лопатке придется работать постоянно во влажной атмосфере уже начинающего конденсироваться пара, и, конечно, надо обеспечить, чтобы она не начала ржаветь... Инженер листает те страницы справочника, где собраны характеристики лучших легированных нержавеющей сталей. Только там сможет найти он нужный материал...

А сколько хлопот доставит инженеру выбор материала для тех частей его машины, которым придется работать при температуре в 800 гра-

дусов! Он пытается обеспечить их охлаждение струей холодного воздуха, прокачиваемой по трубам водой. Ничего не получается, весь «тепловой удар» придется принять на себя материалу конструкции. Он открывает специальную главу справочника, где собраны характеристики жаропрочных материалов. Здесь сообщается не только о прочности их при комнатной температуре, но и об их поведении при температуре в 300, 600, 800 градусов... Нелегкое дело подобрать материал для таких сложных условий работы!

...Проект машины готов. Тонкие неуверенные линии, проведенные по ватману твердым, как гвоздь, карандашом 3Н, линии, которые можно в одно мгновение стереть и заменить другими, обведены мягким жирным НВ. Внизу справа — перечень составляющих машину деталей. И рядом с каждым названием обязательно присутствует марка материала, из которой инженер просит изготовить эту деталь. Только тогда он отвечает за прочность машины.

ОБЛАГОРАЖИВАЮЩИЕ ДОБАВКИ

В одной старинной — 1546 года издания — немецкой книге приведена интересная правюра: шесть юношей стоят на коленях перед величественным старцем, восседающим на троне. Подпись гласит: «Шесть младших металлов умоляют своего старшего брата — Золото — передать им свои совершенства».

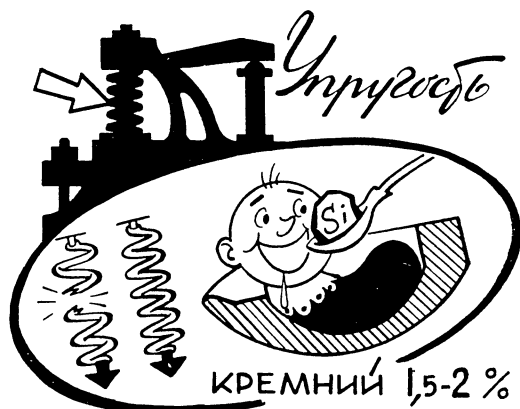
Но, с точки зрения современного инженера-конструктора, у золота нет никаких выдающихся по сравнению с другими металлами качеств, кроме его химической стойкости, умения не окисляться, не ржаветь. Да и это свойство уже давно не является монополией золота.

Золото уступает большинству металлов по прочности. А если учесть его весьма значительную тяжесть, то оно становится просто негодным конструктивным материалом.

А каких только удивительных материалов нет сегодня в распоряжении конструкторов! Ведь свыше тысячи различных сплавов, удовлетворяющих самым различным требованиям, создали на сегодняшний день металлурги.

На первом месте, конечно, стоят стали. Подавляющее большинство деталей машин и сооружений, металлических предметов домашнего обихода сделано из сталей. Их бесчисленное множество — сотни и тысячи марок.

Знакомясь с диаграммой состояния сплавов железа с углеродом, мы уже говорили о некоторых из них. Это те стали, в состав которых входят железо и углерод. Правда, в них еще обычно входят и вредные



Правильное питание — основа здоровья.

примеси. И в зависимости от их процентного содержания стали бывают обыкновенными, качественными и высококачественными. Если в стали содержится до 0,055 процента серы, это будет сталь обыкновенная. В качественной стали содержание серы не превышает 0,030—0,045 процента, а в высококачественной — даже 0,020 процента. Надо ли говорить, что высококачественную сталь получают только в электропечах!

Углеродистые стали находят чрезвычайно широкое применение. Из них делают детали машин и инструменты, пружины и рессоры, цилиндры паровых машин и кастрюли. И все-таки далеко не всегда могут удовлетворить требования конструктора углеродистые стали.

Для того чтобы еще улучшить качества сталей или придать им совершенно новые свойства, в них добавляют сравнительно небольшие количества легирующих элементов.

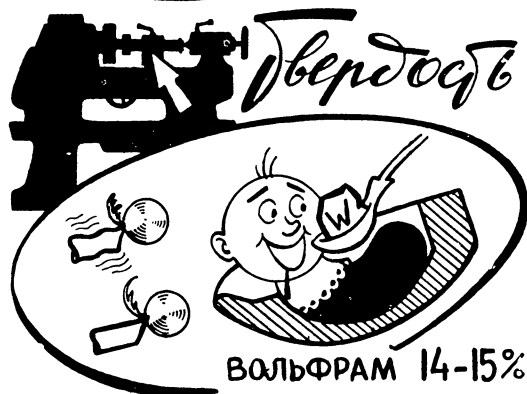
Мы уже знаем, какое огромное значение могут оказывать на качества металла даже незначительные посторонние примеси. Не зря идет такая отчаянная погоня за новыми и новыми «девятками» — борьба за чистоту германия, сурьмы и других металлов. Но там примеси искажали, затемняли естественные свойства металлов, а здесь они, наоборот, сообщают им новые важные свойства,

которыми не обладают никакие марки углеродистой стали.

Так, углеродистая сталь ржавеет. Это крайне неприятное ее свойство. И далеко не всегда возможна борьба со ржавчиной. Как, например, защитить от ржавления стальную обшивку судна, все время находящуюся в морской воде? Или лопасти насоса, перекачивающего сильно агрессивную жидкость? Мало радости доставляет домашней хозяйке и обыкновенный столовый нож, который — забудь его на ночь мокрым — к утру покрывается пятнами ржавчины. Невольно позавидуешь золоту!

А между тем добавки легирующих элементов могут придать стали и это единственное достоинство золота. Мало того, такие стали выпускаются в промышленном масштабе — целая группа нержавеющих сталей. Одни предназначены для работы в атмосферных условиях, другие — в морской воде, третьи — в кислотных средах. Свойство усиленно сопротивляться коррозии, ржавчине сталям придают добавки никеля

Правильное питание — основа здоровья.



и хрома. Так, сталь, содержащая 12—14 процентов хрома, в течение нескольких лет может оставаться на воздухе, подвергаться всем атмосферным воздействиям, все-таки на ней не появится ни пятнышка ржавчины. Из такой стали изготавливают медицинские инструменты. Как свеж и незатуманен их блеск в руках хирурга! А увеличение содержания хрома до 27—30 процентов еще повышает коррозионную стойкость стали в атмосферных условиях и в речной воде.

К сожалению, эта сталь недостаточно стойка в морской воде. Поэтому детали машин, которым приходится работать в морской воде, делают из стали, содержащей, кроме 18 процентов хрома, еще 8 процентов никеля.

Легирующие добавки могут придать стали и такие качества, которыми никогда не обладало золото.

Золото, в частности, сильно истирается. В свое время большой проблемой было, например, сохранять стойкость золотой монеты — ведь ее покупательная способность точно соответствовала ее весу. Но золотая монета, побывавшая в обращении, прошедшая через много рук, неизбежно «худела», теряла в весе. На всех тех пальцах, которые коснулись ее, остались незримые чешуйки, частицы золота. Недолго бы служили, например, траки тракторных гусениц или стрелки трамвайных рельсов, если бы их делать из такого изнosoустойчивого золота.

И обычная сталь, превосходящая многократно золото по изнosoустойчивости, все-таки не смогла бы подолгу «работать» в таких тяжелых условиях!

Для таких случаев служит специальная изнosoустойчивая сталь, содержащая от 11 до 14 процентов марганца.

Повышение температуры пара на тепловых электростанциях в очень серьезной степени тормозится отсутствием сталей, которые смогли бы «работать» в условиях высоких температур. И металлурги усиленно ищут решения этой проблемы. Они добавляют в сталь кремний, повышающий устойчивость ее к окислению при высоких температурах. Сталь, содержащая 6 процентов хрома и 2,5 процента кремния, не ржавеет до температуры в 800 градусов, а содержащая 3,5 процента — даже при 1000 градусов. Сталь, содержащая около 30 процентов хрома, устойчива против окисления даже до 1100 градусов. Эти стали называются жаростойкими.

Но сталь, предназначенная для работы при высокой температуре, должна не только не окисляться, но и сохранять прочность, быть жаропрочной. Свойство жаропрочности придает сталям добавка молибдена и хрома. Если же требуется сочетание жаростойкости и жаропрочности — стали, соединяющие в себе эти два свойства, называются жароупорными, — в них вводятся сразу несколько легирующих добавок. Одна из таких сталей содержит, например, около 0,3 процента углерода, 18 процентов хрома, 25 процентов никеля, 2 процента кремния.

Легирующие добавки вводят не только в сталь. Легируют и чугуны — их свойства настолько улучшаются, что они начинают соперничать со сталью и даже вытеснять ее в некоторых случаях.

Мы говорили о черных металлах. Но легируют и цветные металлы. В алюминиевые сплавы добавляют кремний, медь, марганец, никель, хром, кобальт, цинк; в сплавы меди — цинк, олово, свинец, алюминий, марганец, железо, никель, бериллий; магний хорошо соседствует с добавками алюминия и цинка, свинец — олова, сурьмы, цинка.

...Нет, не просят «младшие металлы» у золота его «совершенств». Они дружелюбно соседствуют, словно удваивая прочной дружбой своей силы друг друга. И они давным-давно превзошли все «совершенства» своего «старшего брата» со средневековой гравюры.

В ВОДЕ И ОГНЕ ЗАКАЛЯЯСЬ...

«Как закалялась сталь» назвал свою книгу о судьбах, о воспитании характера пролетарской молодежи, прошедшей сквозь огонь великой революции, удивительной душевной красоты и огромного таланта писатель Николай Островский. Не будь этого закаляющего огня революции, не стал бы Павел Корчагин стойким, как сталь, коммунистом...

Да, сталь для того, чтобы проявить все свои благородные качества, чтобы стать сталью, должна пройти сквозь огонь. Термообработка — обработка теплом — является еще одним из путей улучшения качества металла.

О том, что сталь, нагретая в огне, а затем быстро охлажденная, становится твердой и хрупкой, знали давно. Еще в «Одиссее» Гомера — греческой поэме, создание которой относят к IX—VIII веку до нашей эры, — написано: «...как погружает кузнец раскаленный топор иль секиру в воду холодную, и зашипит с клекотаньем железо, крепче железо бывает, в воде и огне закаляясь...»

Знали и о том, что разные методы закалки придают тем или иным сортам разные свойства. Но объяснить это не могли, ибо не представляли себе тех внутренних превращений, которые вершатся в металле при его разогреве и охлаждении.

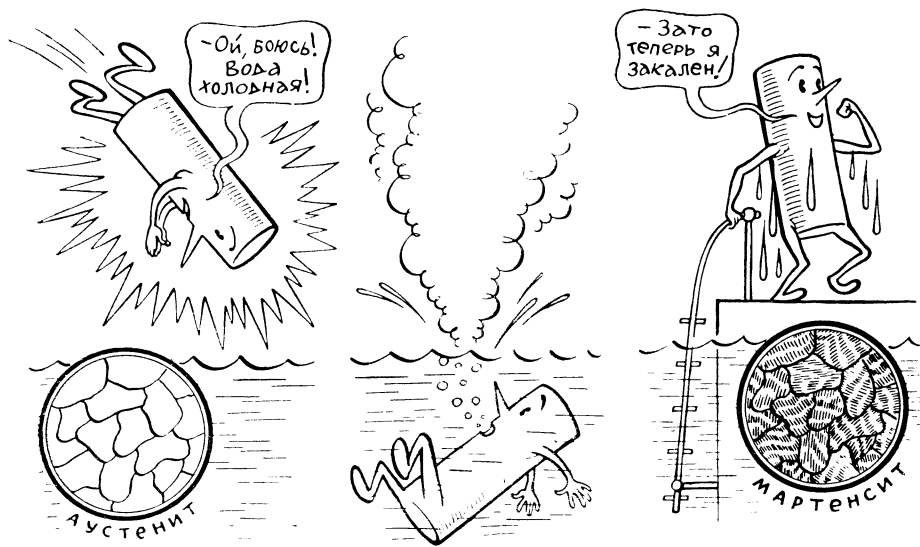
Мы сможем ответить на этот вопрос, глядя на диаграмму состояния сплавов железо — углерод, о которой говорилось в прошлой главе.

...Седобородый кузнец положил стальной брусок в горн. Подручные взялись за привод мехов. Струи воздуха добела разогрели куски каменного угля. Синий дымок угара поднялся к потолку.

Кузнец внимательно следит за нагревом металла. Он знает, прозеваает немного, перегреет металл — и он сгорит. Ничего уже не сдела-

ешь из него, хрупкого, рассыпающегося под ударами молота. Нельзя и недогреть металла — он не примет закалки, лопнет при проковке. Опыт, чутье — не зря в течение многих веков профессия кузнеца приравнивалась к искусству — подсказывают ему нужный момент.

Кузнец не знает, что в нагреваемом куске металла происходят чудесные превращения. При температуре 723 градуса начинается пере-



Воспитание характера.

кристаллизация металла. Она кончается где-то около 800 градусов, выше или ниже в зависимости от содержания углерода. Вновь возникшие кристаллы железа обладают свойством растворять в себе углерод. Металл клинка, нагретый до этой температуры, и является твердым раствором углерода в железе. Эту структуру называют аустенитом. Мы встречались уже с этим словом.

Если теперь медленно охлаждать металл, все пойдет в обратном порядке: при перекристаллизации из кристаллов будет выброшен цементит — химическое соединение углерода с железом, а в них останется минимальное количество углерода, растворенного в новых кристаллах. Но... но кузнец берет желто-белый, словно бы даже просвечивающий, клинок и кладет его на наковальню. Быстро прыгают по металлу легкий молоток кузнеца — он показывает, куда нанести удар, и тяжелая

кувалда молотобойца. И вот на наковальне уже лежит узкое лезвие клинка. Кузнец не раздумывает, — некогда. Он хочет все довершить за один нагрев. И подхваченный клещами клинок падает в воду.

Металл при этом охлаждается так быстро, что за то время, пока его температура уменьшается от 800 с чем-то градусов до 723, перекристаллизация произойти не успевает. И аустенитная структура металла попадает в ту температурную зону, в которой она не должна существовать. Но в то же время она не может и превратиться в другую — ведь такое превращение невозможно при температуре ниже 723 градусов.

Так и бывает со многими сталями. Они остаются при нормальной комнатной температуре с той же структурой, какая у них была в горне кузнеца. Такие стали называются аустенитными. К ним относятся многие легированные стали.

У обыкновенных углеродистых сталей при температуре 300—400 градусов все-таки происходит перекристаллизация металла. Но углерод уже не выбрасывается из кристаллов: получается пересыщенный твердый раствор углерода в обычной для комнатной температуры кристаллической решетке железа. Такая структура стали называется мартенситом. Он-то и обладает высокими качествами закаленной стали.

Кузнец достает закаленный металл. Да, это уже не мягкое железо! Оно стало в десять раз тверже, значительно более упруго. Может быть, об этом клинке строки русского поэта:

Отделкой золотой блистает мой кинжал,
Клинок отточен без порока,
Булат его хранит таинственный закал —
Наследье бранного Востока.

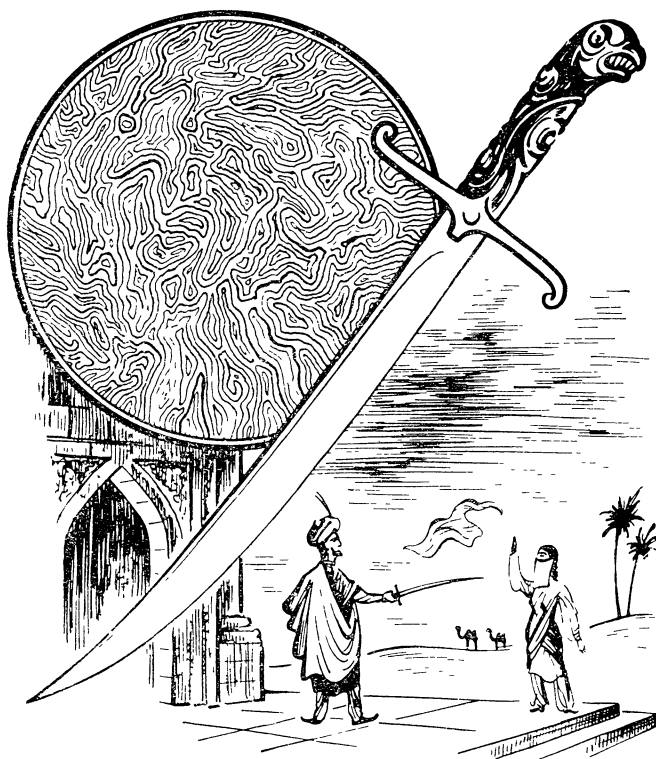
Так, но и не только так производили закалку древние кузнецы.

Летопись храма Балгала в Малой Азии, написанная примерно в то же время, что и «Одиссея», рекомендует такой способ закалки кинжалов: «Нагреть, пока он не засветится, как восходящее в пустыне солнце, затем охладить его до цвета царского пурпура, погружая в тело мускулистого раба... Сила раба, переходя в кинжал, и придаст металлу твердость».

В аналогичном документе, найденном в Сирии, рецепт звучит несколько по-другому. Кинжал рекомендуют закалять, неоднократно вонзая его в раскаленном виде в мясистые части тела раба эфиопа. Оговорено даже, что раба поставляет заказчик — человек, для которого изготавливают кинжал.

Рассказывают, что древние кузнецы Востока, мастера, делавшие таинственный булат, отковав меч, вручали его всаднику, и тот во весь опор скакал с ним, разрубая встречный ветер бешеными ударами алого клинка.

Охлаждали закаливаемый металл в проточной и стоячей воде, в жидкостях разнообразнейших составов. Да и сегодня закалку производят сотнями различных способов — в растворах и расплавах солей, в маслах, в струе воздуха, в воде, в расплавленных металлах и т. д.



Ныне разгадан древний секрет причудливого булатного узора.

Существует закалка ступенчатая, когда температуру металла быстро снижают до 300—400 градусов, а затем охлаждают медленно. Существует закалка прерывистая, закалка в двух охладителях. Существует закалка до температур, лежащих далеко ниже нуля градусов. Ну, конечно, не какими-то «закалочными» свойствами, в которые верили древние и средневековые кузнецы, объясняется выбор сред для закалки, а их способностью быстрее или медленнее отнимать у металла тепло,

обеспечивая более благоприятный именно для этой марки стали режим охлаждения. А закалка при температурах ниже нуля, закалка холодом, производится для тех сталей, у которых превращение аустенита в мартенсит не идет до конца при обычных, комнатных температурах.

Закалке можно подвергать не только стали. Сплавы цветных металлов также изменяют свои свойства в зависимости от той или иной термической обработки.

Древние знали только закалку сталей и сплавов олова и меди — бронз. В начале века знаменитый русский металлург А. А. Байков открыл закалку сплава меди с сурьмой. Затем установили свойство принимать закалку у некоторых сплавов алюминия, магния, меди, свинца, платины, никеля, золота и других цветных металлов.

Закалка возможна в тех случаях, когда сплав претерпевает при повышении температуры какие-то внутренние структурные изменения. Закалка позволяет структурные состояния, обычные при высокой температуре, привести в область низких температур. И, конечно, далеко не всегда это приводит к тем же изменениям свойств сплава, что и при закалке стали. Сплав золота и меди ведет себя, например, совсем не так, как железа с углеродом. При быстром охлаждении золото-медного сплава он приобретает мягкость и пластичность. Наоборот, медленный отжиг сообщает ему твердость и хрупкость. Диаграммы состояний, составленные для многих сплавов, позволяют заранее предвидеть, может ли изменить свойства этого сплава та или иная термообработка.

Сегодня ученые уже глубоко заглянули в сокровенные тайны металла. Уже во многом раскрыл свои секреты «таинственный закал», наследие «бранного Востока».

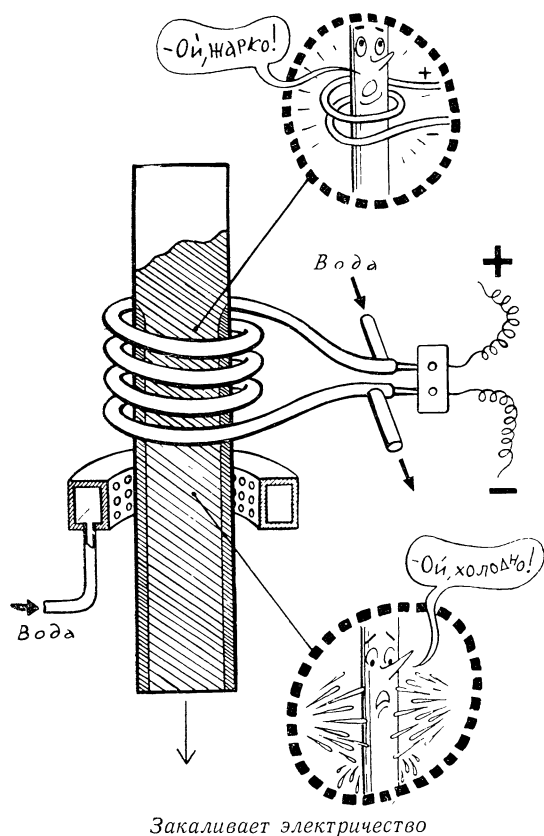
МАРТЕНСИТНАЯ БРОНЯ

Очень часто бывает, что от металла требуется поистине невозможное, например сочетание пластичности с большой поверхностной твердостью. Казалось бы, нет средств, позволяющих металлу быть одновременно и закаленным и незакаленным. И все-таки технологи нашли способ делать и такой металл.

...В патрон станка своеобразной конструкции молодая работница вставляет сверкающую неокисленной поверхностью, только что прошедшую шлифовку деталь. Словно в медной клетке оказывается эта деталь, ее окружает спирально согнутая трубка. Работница нажимает зеленую кнопку включения, что-то пудит в станке. И вдруг ступенчатый валик становится вишнево-красным, ярко-красным, начинает светиться желтым цветом. От него пышет жаром.

Какая сила нагрела валик? Кругом не видно пламени, к нему не касаются раскаленные детали станка. Как передали ему энергию, необходимую для нагрева?

С помощью токов высокой частоты. Тех же самых токов высокой



частоты, которые работают в радиоприемниках и радиопередатчиках. Их излучателем, антенной, является как раз та медная спираль, внутри которой оказалась наша деталь. В ее теле возникли паразитические замкнутые токи, которые и вызвали этот быстрый нагрев.

И вдруг на раскаленную деталь обрушивается стремительный дождь. Струйки воды вырываются из отверстий медной спирали, которая оказалась обыкновенной трубкой. На мгновение и деталь и спираль окутывает облачко пара. А еще через мгновение работница снимает со станка деталь. Она еще теплая. Но поверхность у нее все такая же чистая и блестящая, как перед закалкой. Нагрев был столь непродолжительным, что она просто не успела окислиться: ведь вся операция длилась 5—6 секунд.

Испытание свойств прошедшей такую термообработку детали показывает, что верхняя ее поверхность на глубину в несколько миллиметров приобрела твердую закаленную структуру — чаще всего мартенсит, — а сердцевина осталась мягкой. Именно то, о чем мечтают конструкторы.

И еще одним важным достоинством обладает новый метод закалки — он чрезвычайно производительный. Четыре часа раньше затрачи-

валось на обработку тракторного вала. Теперь за это время обрабатывается несколько сотен валов. А насколько легче стал труд людей после перехода на этот технологический процесс!

Таковы достоинства поверхностной закалки металлических деталей с помощью токов высокой частоты — один из прогрессивнейших, производительнейших методов термообработки, все чаще применяемый в нашем машиностроении. Закалка — не единственный вид термообработки, применяемый в настоящее время. На заводах, ведущих металлообработку, вам обязательно встретятся отжиг, отпуск, нормализация.

Отжиг... Нередко бывает, что ту или иную деталь машины, уже сделанную и закаленную, надо снова подвергнуть механической обработке. Токарь вставляет ее в станок, включает ток, подводит резец и... отдает мастеру. Закаленную сталь резец не берет, он скользит по ней, как иголка по стеклу. Сталь надо отжечь. Ее нагревают до определенной температуры, а затем медленно — чаще всего вместе с печью — охлаждают. И тогда токарь свободно снимает стружку с совсем недавно словно заколдованной детали.

Отжиг преследует разные цели. Разными бывают температуры, до которых нагревают металл, и способы охлаждения его. Если охлаждение металла, нагретого до температуры отжига, производится на воздухе, процесс называется нормализацией.

Однажды инженеры крупного завода, выпускавшего паровые машины, были поражены удивительным событием. С месяц назад в литейном цехе отлили из чугуна огромный маховик. Отливка удалась на славу. От него отбили литники, очистили пригоревшую землю. Во дворе он ожидал, когда его поставят на предназначенное ему в машине почетное место. И вдруг... Ночью заводской сторож слышал какой-то треск, словно во дворе стреляли из пистолета. Однако злоумышленников ему обнаружить не удалось, все было спокойно. А наутро инженеры обнаружили, что маховик порвало. Спицы, толстые, в руку взрослого мужчины чугунные спицы, были оборваны. Восьмиугольной звездой лежит втулка, выпавшая из обода. Что за таинственная могучая сила порвала металл? — не могли понять инженеры.

Это сделали внутренние напряжения. Они часто разрушают отливки, казалось бы, несокрушимо прочные, массивные, удачные. Они могут ослабить, исказить форму, разрушить прошедшее закалку изделие. Поэтому для того, чтобы снять внутренние напряжения и снизить хрупкость, прошедшие закалку изделия подвергают отпуску. Их нагревают до температуры, несколько меньшей, чем та, при которой нормально начинается перекристаллизация, выдерживают при этой температуре, а затем медленно охлаждают.

Мартенситная структура, свойственная закаленной стали, очень неустойчива. Уже при нагревании до 100—130 градусов мартенсит начи-

нает распадаться. Чем выше нагрев, тем быстрее происходит этот распад. Образующиеся при этом структуры мягче мартенсита. Режим отпуска выбирается таким, чтобы обеспечить нужные свойства стали.

ТЕПЛО ОТКРЫВАЕТ СВЕТОФОР

По серой, поблескивающей после дождя ленте шоссе стремительно летит автомашина. Несколько тысяч километров прошла она, лишь изредка останавливаясь ненадолго для отдыха водителя и заправки горючим. Но ровно гудит ее мотор, вся она готова к новому прыжку на новые тысячи километров.

А попробовали ли вы представить себе, какую чудовищную неустойчивость имеют детали ее мотора, прошедшего тысячекилометровый пробег?

Ведь за это время коленчатый вал двигателя сделал более двух с половиной миллионов оборотов! Каждые 60 секунд он делал 3600 оборотов, испытывал более 7 тысяч ударов от взрыва рабочей смеси, толкающей поршень!

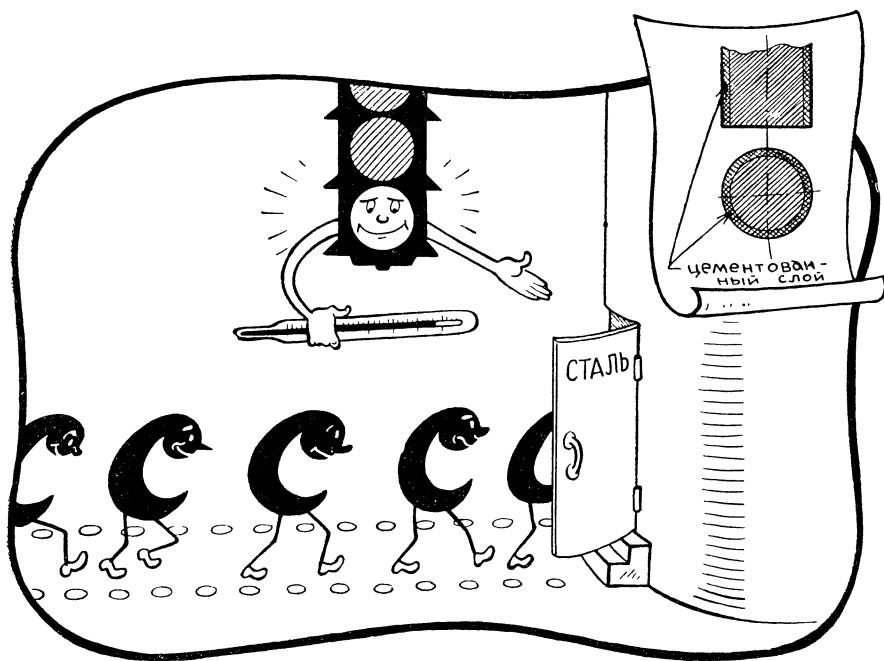
Многие детали машины за это время выполнили еще большее количество рабочих операций. Так, поршни сделали более пяти миллионов ходов, более пяти миллионов раз изменили направление движения. Почти полтора миллиона раз открылся и закрылся каждый из клапанов цилиндра.

Полтора миллиона ударов металла о металл!

А ведь автомобиль пробегает до ремонта не тысячу километров, а в сотни раз больше. В умелых руках хорошего водителя он проходит и 400, и 500 тысяч километров без смены мотора. Уже за миллиард зайдет счет оборотов, сделанных за это время его коленчатым валом!

Из какого же сверхпрочного металла он сделан, что его шейки не перетираются насквозь за это время, что тело не разрушается от бесчисленных толчков и ударов? Ведь они обрушиваются на него, несмотря на все инженерные ухищрения, направленные к тому, чтобы облегчить его работу и продлить жизнь.

Наверное, вы будете удивлены, если узнаете, что валы изготавливают из обыкновенной конструкционной стали, и лишь в некоторых случаях — из низколегированной стали. А «сверхживучими» их делает специальная химико-термическая обработка. С ее помощью сделали очень твердыми поверхностные слои шеек вала, которые испытывают трение в опорах, но пластическим, вязким, способным сопротивляться ударам оставили все остальное тело вала. Эта химико-термическая обработка называется цементацией.



Они сошьют прочный панцирь металла.

Цементация — это внедрение в поверхностные слои стального изделия углерода. Как известно, в холодном состоянии железо может неограниченно долго находиться в соприкосновении с углеродом и ни один атом углерода не проникнет в металл. Десятилетиями возят каменный уголь в металлических вагонах, но состав их обшивки не изменяется, железо остается мягким. Да это и понятно: мы знаем, что железо при комнатной температуре почти не растворяет в себе графита.

Совершенно иной становится картина при нагреве до достаточно высокой температуры. Железо меняет свою кристаллическую структуру и приобретает способность растворять до 2 процентов углерода. К тому же усиливается тепловое движение молекул и диффузия — проникновение молекул одного вещества между молекулами другого — становится особенно активной. За счет диффузии и осуществляется насыщение поверхностного слоя металла углеродом. Тепло как бы открывает светфор молекулам, внедряющимся в металл.

Вот как осуществляется цементация.

Подлежащие цементации изделия очищают от окалины и загрязнений, которые могут оказаться препятствием на пути диффундирующих в металл атомов углерода. Те места, которые не должны подвергнуться цементации, наоборот, защищают специальной обмазкой или покрывают медью в гальванической ванне.

Затем берут большие стальные ящики. На дно их насыпают слой вещества, содержащего большое количество углерода — чаще всего безрезового угля, смешанного с углекислым барием. На этот слой укладывают цементируемые детали и засыпают этой же смесью. Ящики закрывают стальными крышками, а щели тщательно замазывают огнеупорной глиной.

Затем ящики ставят в печи и выдерживают их при температуре 900—920 градусов в течение нескольких часов — в зависимости от требуемой глубины цементации. Слой толщиной в 1 мм насыщается углеродом в течение 7—10 часов, в зависимости от температуры в печи.

В последние годы такую цементацию начинают вытеснять газовая. Цементируемые изделия загружают прямо, без всяких ящиков в герметически закрываемую муфельную печь и, после того как температура в ней поднимется до 920—950 градусов, туда пускают какой-либо газ, содержащий углерод, — метан, окись углерода, ацетилен и т. д. Высокая температура разлагает газы, и выделившийся углерод отлагается на изделиях. Молекулы его и диффундируют в металл.

Газовая цементация имеет целый ряд преимуществ. Она дешевле, так как отпадает необходимость в ряде операций подготовки деталей к обработке. Она занимает в два-три раза меньше времени, а значит, требует меньших затрат топлива. Рабочие, ведущие газовую цементацию, заняты более легким и производительным трудом. Все эти причины и объясняют, почему газовая цементация все шире внедряется в самые различные отрасли нашего машиностроения.

Цементация — не единственный из применяемых сегодня на наших заводах видов химико-термической обработки стали. Поверхностные слои стали нередко насыщают одновременно с углеродом еще и азотом. Этот процесс называется цианированием. Он длится всего 10—15 минут. Глубина цианированного слоя колеблется в пределах 0,3—0,7 мм. Насыщают поверхностные слои и одним азотом. Азотирование упрочняет металл и повышает его коррозионную стойкость. И металлы бывает целесообразно ввести в поверхностный слой стали. Для повышения жароупорности ее вводят туда алюминий. Если требуется повысить твердость и коррозионную стойкость, применяют хромирование. В тех случаях, когда надо получить стойкую против действия кислот поверхность, в нее внедряют кремний. Бор вводят для повышения износостойкости,

бериллий — жароупорности. Разработаны методы насыщения поверхностного слоя металла ванадием, вольфрамом, молибденом, марганцем, кобальтом, цирконием.

Не только стали, а и многие другие металлы подвергают химико-термической обработке. Так, титан насыщают азотом — это повышает износостойкость его поверхности. Верхний слой молибденовых изделий силицируют — насыщают кремнием — для повышения жароупорности и т. д. и т. п.

Далеко простирает химия руки свои!

МЛАДШИЙ БРАТ СТАЛИ

Да, конечно, речь идет о чугунах. А младшим братом его называли не по возрасту: из железа родится сначала чугун, и только потом из него выплавляют сталь. Младший он по роли, играемой в жизни человека.

Но надо поговорить и о нем. Ведь и он по мере своих слабых сил служит людям, и за его прочность ведут борьбу металлурги.

Чем же чугун отличается от стали?

Химик ответит: большим содержанием углерода.

Инженер-конструктор с горечью заметит, что главное отличие чугуна от стали — это его малая прочность на разрыв и изгиб и неспособность к пластической деформации.

Литейщик, наоборот, с уважением отзовется о чугунах: он обладает лучшими литейными качествами, легче плавится.

А специалист-металлург может прочесть целую лекцию об удивительно полезных качествах, которыми обладает чугун, но которых лишена сталь. Он напомним, что, во-первых, один из видов чугуна, серый чугун, хорошо обрабатывается резцами — он мягок и дает ломкую мелкую стружку; во-вторых, он очень удобен в тех случаях, когда металлические детали скользят друг по другу (по-инженерному говоря, он обладает хорошими антифрикционными свойствами); в-третьих, чугун хорошо гасит вибрации; в-четвертых, нечувствителен к дефектам поверхности и т. д. и т. д.

Да, все это так. Но главное — прочность. И прав инженер-конструктор, который считает чугун значительно менее ценным материалом, чем сталь.

Металлурги давно пытаются повысить прочность чугуна. Если чугунную отливку охлаждать сравнительно быстро, ее металл приобретет в целом мелкокристаллическую структуру и будет матово-белого цвета. Такой чугун так и называют — белым. Весь углерод в этом чугуне находится в виде цементита — химического соединения железа с углеродом.

Цементит очень тверд, и белый чугун не поддается обработке самыми лучшими стальными резцами. Его нельзя и ковать — он хрупок и от удара молотом раскалывается. Очень мало практических применений имеет белый чугун. Он идет только на переплавку в сталь и передел в другие виды чугуна.

При медленном остывании в чугуне выделяется чистый графит. Обычно он имеет форму тонких лепестков, внедрившихся между кристаллами металла. Структура этих кристаллов такова же, как и у сталей. Следовательно, главное отличие серого чугуна от сталей состоит в наличии чистого графита.

Такой графит — скверный союзник металлу. Он очень непрочен, непластичен. Поэтому серый чугун можно представить себе как сталь, пронизанную огромным количеством трещин, заполненных графитом. Эти трещины и являются главной причиной непрочности чугуна.

Значит, надо сделать, чтобы эти трещины имели как можно меньшие поверхности. Раз уж надо найти в металле место для размещения излишнего оказавшегося здесь углерода, пусть камеры для него имеют минимальную поверхность, то есть будут шарообразными. В этом случае наличие графита будет меньше всего снижать прочность металла.

Чтобы получить именно такую структуру графитовых включений, в металл вводят магний или церий. Совсем немного магния — всего около 0,1 процента — может раствориться в чугуне, но влияние и этой крохотной добавки колоссально. Включения графита приобретают шарообразную форму.

Добавляют в чугун с целью улучшить его качество и другие присадки — кальций, кремний, алюминий и т. д. Застывая, чугун с такими присадками образует равномерную структуру с весьма размельченным графитом.

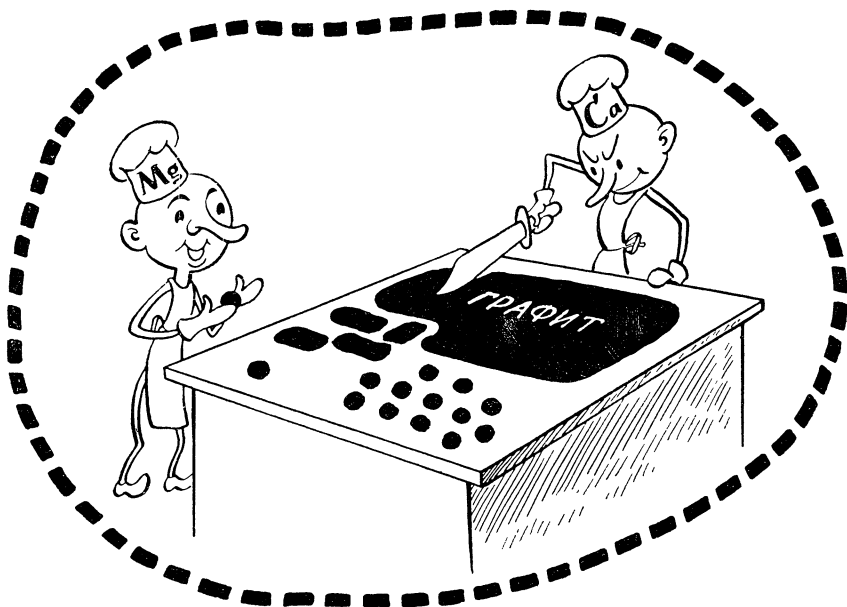
Этот процесс облагораживания чугуна добавкой примесей, способствующих измельчению графитовых включений и их формированию в шарики, называется модификацией, а сам чугун — модифицированным.

На какие только ухищрения не идут металлурги, чтобы повысить качество чугуна!

Из белого чугуна (причем стараются, чтобы в нем совсем не было выделившегося графита, то есть, чтобы он был совсем «белым») металлурги научились получать ковкий чугун.

Нет, конечно, ковать ковкий чугун нельзя. От ударов молота он просто расколется. Да и что от него ожидать — ведь он все-таки остается чугуном! Но его прочностные свойства приближаются к свойствам некоторых сталей.

Итак, отливку из белого чугуна кладут в ящик, засыпают песком и ящик помещают в печь. В течение 20—25 часов — целые сутки напро-



Опытные кулинары

лет — металлурги нагревают печь до температуры в 950—1000 градусов. Затем эту температуру выдерживают в печи более полусуток — 15 часов. Несколько часов длится и охлаждение отливок до температуры в 700 градусов. И еще больше суток остается отливка в печи с такой температурой. 70—80 часов длится весь процесс отпуска белого чугуна, процесс превращения белого чугуна в ковкий. А иногда он растягивается и на 140—170 часов. Впрочем, есть тенденции и к сокращению его до 30 часов и меньше.

В процессе отпуска происходит разложение цементита и выделение графита в форме хлопьев, имеющих лишь несколько большую поверхность, чем шарообразные включения модифицированного чугуна. И соответственно оказывается несколько меньшей прочностью ковкого чугуна по сравнению с модифицированным. Усилия металлургов не пропадают даром.

Изделия из чугуна нередко соперничают со сталью. Да, из чугуна отливают трубы, и не только те, от которых не требуется прочности, но и работающие под давлением. Да, из чугуна делают поршневые кольца, используют его хорошие антифрикционные свойства. Но то, что из луч-

ших сортов чугуна ухитряются делать даже коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания, вас, наверное, удивит.

А вот прокатывать чугун еще не научились.

Все, конечно, помнят прекрасное стихотворение Н. А. Некрасова о железной дороге. В начале его есть строчки:

Быстро лечу я по рельсам чугунным,
Думаю думу свою...

Нет, поэт ошибся, железнодорожные рельсы не делают из чугуна. Чугунные литые рельсы, хрупкие, непрочные, применялись только на самой заре развития железнодорожного транспорта. Уже в 1820 году они были вытеснены в Англии прокатанными стальными. Да и в России в 1839 году начали катать стальные рельсы. И именно они легли на шпалы железной дороги, соединившей в 1851 году Москву и Петербург, дороги, вдохновившей поэта на один из шедевров русской поэзии.

Кроме углерода, в чугуне всегда есть и другие примеси, оказывающие влияние на его свойства.

Прежде всего среди этих веществ надо отметить кремний. Наличие этого элемента способствует выделению графита. Чем больше кремния, тем легче получается при застывании расплава серый чугун.

Марганец оказывает обратное действие. Говорят, что он способствует отбеливанию чугуна.

Таково же примерно действие серы. К тому же она делает чугун «густоплавким» — плохо заполняющим форму. Поэтому не допускают ее содержания в чугуне выше 0,1 процента.

Фосфор не оказывает никакого влияния на графитизацию. Из механических свойств чугуна он особенно повышает его хрупкость, то есть ухудшает его качество. Однако есть одна область применения чугуна, где фосфору прощают его дурные свойства.

...Во всех лучших музеях мира можно увидеть удивительно изящные, блестящие черной поверхностью металла скульптуры. Среди них и нелепая фигура Дон-Кихота, и распластавшаяся над степью в стремительном полете тачанка, и старушка, присевшая за прялку. Здесь же можно увидеть удивительной красоты вазы, к стенкам которых, кажется, приклеились травинки и листики — такие живые, каждая жилка видна. А рядом ажурное кружево решетки, строгие линии светильника... Это каслинское литье.

Более двухсот лет, с 1747 года, существует в Челябинской области Каслинский чугунолитейный завод. И более двухсот лет удивляют его мастера умением стливать из грубого, неподатливого чугуна эти прекрасные ажурные вещи.

Одним из секретов их производства является использование фосфористых чугунов.

— Да, — говорят они, — фосфор снижает механические свойства чугуна, делает его более хрупким. Но мы и не предназначаем наши отливки для использования в качестве молотков или зубил. Не так уж много, по нашему мнению, придется им выдерживать ударов или переменных нагрузок. Но зато фосфор делает чугун жидко-текучим, медленно застывающим, заполняющим все мельчайшие изгибы формы. Это в нашем деле куда важнее ударной прочности металла.

Да! Чугун — отличный литейный материал. Ведь он обладает удивительным и редким свойством — застывая, увеличиваться в объеме. Только вода еще обладает этим же свойством. Поэтому лед плавает в воде, твердый чугун — в расплавленном. Когда чугун, остывая, становится тестообразным, из него начинает выделяться графит. Он имеет весьма небольшой удельный вес и поэтому занимает сравнительно много места. И он заставляет отливку раздаться вширь, увеличить свой объем. В это время и происходит заполнение всех углублений формы, в которую он заливается.

...Как мы видим, все усилия младшего брата догнать по своим совершенствам старшую сестру пока тщетны. Да это и не нужно: у чугуна своя судьба — быть не соперником, а помощником и другом стали.

БРОНИРОВАННЫЙ МЕТАЛЛ

Нам осталось рассказать всего об одном еще направлении в борьбе за повышение прочности металлов — о механической обработке поверхностей металлов с этой целью.

Да, есть, оказывается, и такой метод. Он состоит в создании на поверхности металла наклепа.

Помните, растягивая стальной образец и перейдя предел текучести, мы обнаружили новое упрочнение металла. Сдав часть своих позиций, он вдруг славно мобилизовал новые силы для сопротивления деформации, стал прочнее, чем был в начале опыта.

Вот такое состояние наклепа и создают в некоторых случаях на поверхности деталей.

...Словно крупные градины, обрушиваются на поверхность детали бесчисленные стальные шарики, выстреливаемые потоком сжатого воздуха. Их удары сминают, уплотняют поверхность детали. Возникает наклеп.

Такого же рода упрочнение достигается обкаткой детали закаленными роликами. Сжимаемая ими с огромной силой деталь как бы утюжит-

ся. Поверхностный слой ее приобретает повышенные механические свойства. Такой металл, в частности, лучше сопротивляется усталости. Толщина наклепанного слоя при обоих методах обработки не превышает 0,2 мм.

КОНСТРУКТОР ПРОДОЛЖАЕТ БОРЬБУ

Конструктор завершил чертеж своей машины. Он не только определил в спецификации, из какого материала изготовить ту или иную деталь. В целом ряде случаев он указал, какой обработке с целью улучшения прочности их надо подвергнуть. Его чертежи пестрят надписями: «предварительно проковать», «цементировать», «закалить до такой-то твердости» и т. д.

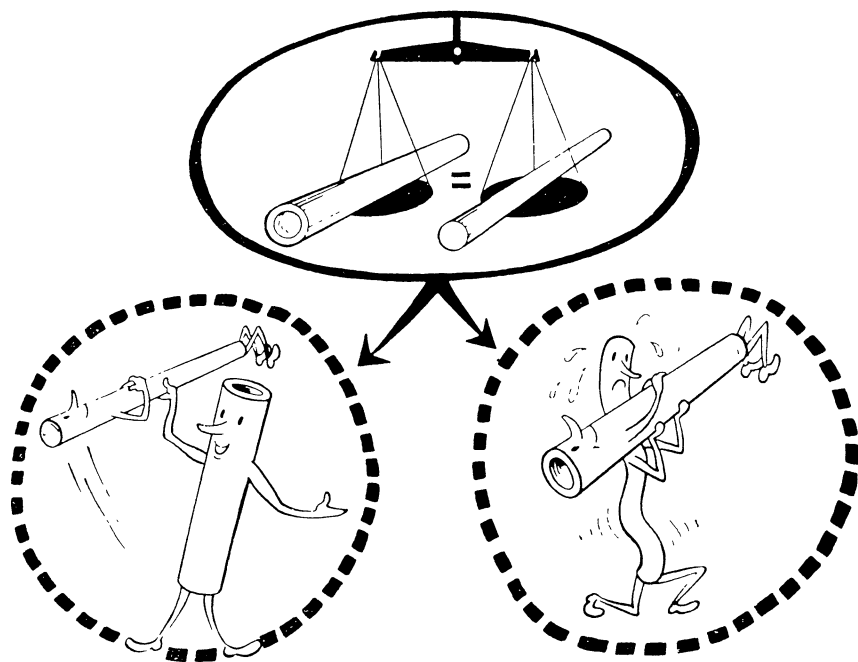
Но есть и еще одно, что не заметишь сразу. И у себя за чертежной доской инженер вел борьбу за прочность металла.

Вот на его чертеже изображен ступенчатый валик, на который надеваются шестерни зубчатой передачи. Заметили вы, какие плавные сопряжения радиусом в 3, а то и в 5 мм наметил он сделать в переходах от одного диаметра валика к другому? Думаете, это для красоты, чтобы порадовать изяществом чертежа? Нет, это борьба за прочность! Ведь именно в этих местах при работе машины, если не сделать плавных переходов, возникнет концентрация напряжений, которая разрушит валик, переломит или изогнет его как раз в этом сечении.

Сделайте простой опыт. Поставьте на ребро две книги. Пусть это будут две стороны пропасти, которые надо соединить мостом. Мост надлежит сделать из листа бумаги. Попробуйте этот лист просто положить плашмя, краями на наши книги. Он прогнется под своей собственной тяжестью. Где уж ему выдержать вес пешеходов, автомобилей, поездов, которые захотят переправиться через пропасть!

Нет, дело не в недостаточной прочности нашего листа бумаги. Дело в том, что мы не сумели использовать эту прочность. Отогните продольные стороны вашего листа под прямым углом, чтобы образовалось нечто вроде желоба. Поставьте теперь его ребрами вниз над нашей пропастью. Этот желоб будет значительно жестче простого листа. Вы можете нагрузить этот мост несколькими карандашами, линейкой, даже чернильницей. А ведь далеко еще не все прочностные возможности листа бумаги использовали мы в своей примитивной конструкции...

Конструктор в совершенстве владеет всеми средствами борьбы за прочность металла посредством выбора его более рациональной формы. Он знает, что трубка из того же металла, что и стержень, того же самого веса и длины, всегда прочнее стержня, может сопротивляться большему



Весовая категория не определяет силы

изгибающему или скручивающему ее усилию. Он умеет изменением конструкции превратить неприятные изгибающие усилия в растягивающие или сжимающие. Он с закрытыми глазами скажет, как выгоднее в том или ином случае разместить швеллер или двутавр, где вместо массивного металла применить листовой, вместо прокатанного профиля — гнутый. И анализируя отдельные решения, принятые им в конструкции, мы не можем не восхищаться их остроумием, целесообразностью, тем, что в товарищеском кругу конструкторов называют красотой.

Скажем откровенно: это дается не каждому, не всегда и не сразу. Вот человек стоит за кульманом. Он рассеянно постукивает карандашом по твердому ребру доски и даже что-то напевает под нос. «Как это легко быть инженером-конструктором! — думает незнающий. — Сиди, черти, подсчитывай кое-что...» Но взгляните, как напряженно смотрит в одну точку этот мурлыкающий эстрадную песенку человек. В его мозгу идут в это время полные романтики поиски нового лучшего решения, напряженно и страстно сталкиваются варианты, драматически не соче-

тается желаемое и возможное. Нет, не меньше вдохновения и душевного трепета и, конечно, несравненно меньше знаний требуется для того, чтобы писать стихи! И так же, как писать хорошие стихи удается не каждому, так и не каждому удается быть хорошим конструктором.

РЫЖАЯ СМЕРТЬ — РЖАВЧИНА

Да, говоря о прочности металла, нельзя не остановиться на его долговечности.

Все в мире имеет свою продолжительность жизни. Родятся и умирают люди, планеты, галактики. Вечна только материя, всегда переменная, развивающаяся, никогда не повторяющая раз пройденного пути.

Люди борются — и успешно борются! — за продление своей жизни. И отступает костлявая, как ее раньше рисовали, с острой косой смерть. Почти вдвое выросла только за последние 40 лет средняя продолжительность жизни у нас в стране. А в будущем не до 69, а до 165 будет простираться человеческая зрелость, а может быть, и в 360 не будет приходить старость. Врачи и биологи, работающие над этой проблемой, не видят преград для практически неограниченного удлинения человеческой жизни.

Ну, а сколько же живет металл?

Это зависит от того, какую он жизнь ведет. Спокойную или бурную.

Академик И. П. Бардин сравнил жизнь металла с жизнью двух животных: огненного непоседы коня, вечно скачущего по долинам, и медлительной черепахи, никогда не ускоряющей своего размеренного движения. Говорят, что черепахи живут до 300 лет, в то время как лошади редко доживают до 30 лет. Так же и металл столового ножа может прожить 300 лет, в то время, как металл самолетного мотора вряд ли протянет и 30: слишком бурна и кипуча его жизнь! В его огненном сердце взрывается бензин, взвихриваются потоки газов, протекают тепловые и ударные волны... И ведь несравненно больше металла живет у нас кипучей жизнью деятелей, чем размеренной — созерцателей. «И то, что сегодняшней срок жизни получаемого в массовых количествах металла наших станков, моторов и машин достигает 35 лет — величайшее достижение металлургии», — считает академик.

Он убежден, что срок жизни металла будет многократно удлинен. Живут же по несколько сотен лет булатные клинки, металл которых защищен тонкой пленкой шлаков-окислов! Да и сегодняшние легированные стали — вроде нержавеющей — значительно долговечнее, чем даже булат древних мастеров. Но речь идет о металле, который составляет основную массу производимого в нашей стране металла.

Металл умирает от разных причин. Он разрушается от усталости, выходит из строя из-за износа трущихся поверхностей. И огромные количества металла гибнут от ржавчины.

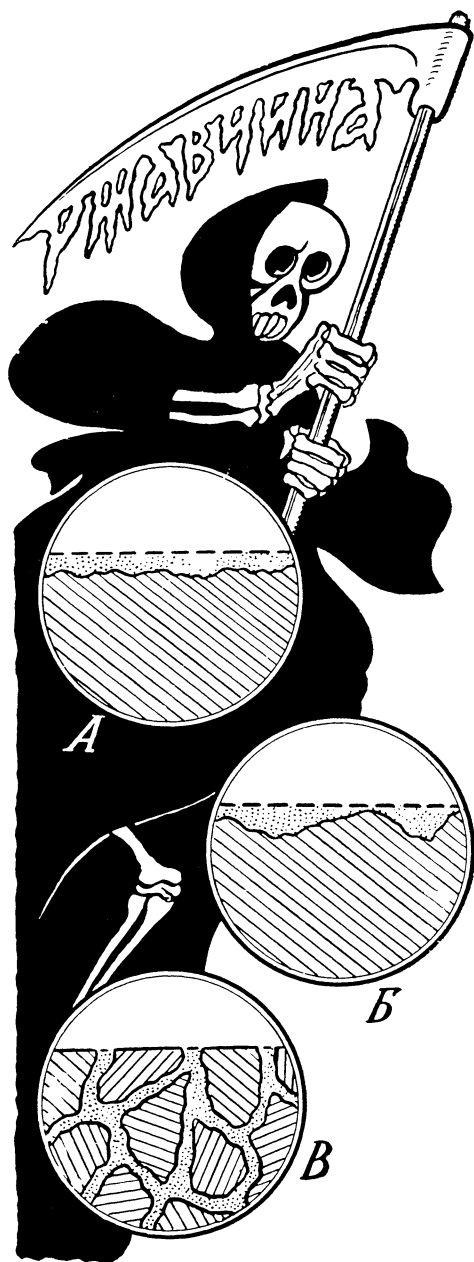
Рыжая смерть железа обладает неимоверным аппетитом. Если бы люди не защищали металл, наверное, за год или много за три она сгрызла бы его весь, добытый человечеством, до последней крошки. Рухнули бы, превратившись в ржавую труху, опоры мостов, рассыпались корпуса океанских пароходов, обрушились пролеты заводских цехов. Металл снова превратился бы в руду...

Но человек защищает металл. Защищает бесчисленными способами. Коррозия должна отступить! Но все же ее добыча еще велика.

Человечество добыло с 1890 по 1923 год 1766 млн. тонн черных металлов. Свыше трети этого металла — 718 млн. тонн — стало за эти же годы жертвой коррозии.

Считают, что и сегодня добыча ее составляет не менее 10 процентов выплавляемого за год металла.

Рыжую смерть железа видели все. Это она покрывает сверкающую ровную поверхность полированного металла струпьями, похожими на запекшуюся, смешанную с грязью кровь, делает ее ноздреватой, словно рябой. Это коррозия по-



По-разному приходит смерть к металлу.

крывает блестящую поверхность детали зеленым ядовитым налетом. Нет металла, включая золото и платину, который в той или иной степени не был бы покорен жестокой губящей властью.

Трудно представить себе весь вред, наносимый коррозией. Это из-за нее прерывается иногда подача воды водопроводом — она изгрызла металл труб. Это из-за нее приходится останавливать многие химические аппараты, заменяя сгоревшие части. Это из-за нее проводят тщательную диаэрацию — очистку от воздуха — воды, идущей на питание паровых котлов. Это на защиту от нее расходуются миллиарды рублей — на покраску, воронение, смазку металлических частей и деталей машин и механизмов. Борьба с коррозией — это непрерывная битва, которую, не жалея сил и средств, непрерывно ведет человечество. И, конечно, оно приложило все силы, чтобы изучить характер и повадки своего врага и выработать методы борьбы с ним.

Ученые различают два вида коррозии: химическую и электрохимическую. Химическая происходит в сухих газах и в жидкостях, не проводящих электрического тока. Она представляет собой прямое соединение металла с кислородом.

Наверное, все помнят, как на уроках химии учитель извлекал из стеклянной банки, наполненной керосином, кусочек удивительного металла — натрия. Перочинным ножом он отрезал от него крупинку, и в разрезе вдруг зеркалом сверкал чистый металл. А через пару минут тускнела поверхность металла — ее покрывала серая тусклая пелена. Вот это и есть химическая коррозия.

Особо выделяют газовую коррозию. Это те случаи, когда раскаленный металл соприкасается с газами. Обыкновенная окалина — вот результат такой коррозии.

Сложнее механизм электрохимической коррозии.

Вспомним простейшую химическую батарею — пластинки цинка и меди, опущенные в раствор электролита. Если теперь соединить эти пластинки проволокой, по ней пойдет ток. Цинковая пластинка начнет окисляться, сгорать, ибо окисление и горение — это один и тот же процесс, только идущий с различной интенсивностью.

Вот такие же гальванические батареи возникают и на поверхности металла, разъедаемого электрохимической коррозией.

Трудно представить себе металл, абсолютно однородный по составу (кроме, конечно, специально получаемого сверхчистого металла). В нем всегда есть какие-нибудь посторонние включения, да и сами частицы металла различны между собой. В стали, например, всегда есть включения цементита, отличного от соседних кристаллов чистого железа. И вот между этими неоднородными микрочастицами происходит то же самое, что и между медью и цинком, опущенными в электролит. Нет электролита? Так он всегда найдется. Морская вода — это сильнейший электро-

лит. Речная вода — тоже электролит: ведь в ней тоже содержатся какие-нибудь растворенные соли. Сконденсировавшаяся из воздуха пленка влаги, покрывшая металл, — тоже электролит: ведь в ней растворяются газы воздуха, а в нем всегда есть окислы углерода, серы и т. д.

Особенно много таких окислов, образующих при растворении в воде электролиты, в воздухе городов. И поэтому особенно быстро ржавеют в городах плохо покрашенные железные крыши.

Такова классификация коррозии по происхождению. Различны и проявления коррозии.

Бывает, что коррозия охватывает равномерно всю поверхность металла (А). Бывает, что ее разрушительные пятна сосредоточиваются лишь в отдельных местах (Б). И самое страшное — коррозия, прорвавшаяся внутрь металла (В). При этом разрушение его идет по самому слабому и неоднородному веществу — по границам зерен металла. Снаружи металл кажется прочным, нетронутым, а в действительности он уже весь во власти коррозии. Он рассыпается от удара, ломается при растяжении, не обеспечив и доли обычной прочности этой марки стали.

Мы говорили, что все металлы подвластны коррозии. А как же хром, алюминий, золото? Ведь они обладают удивительной способностью не окисляться!

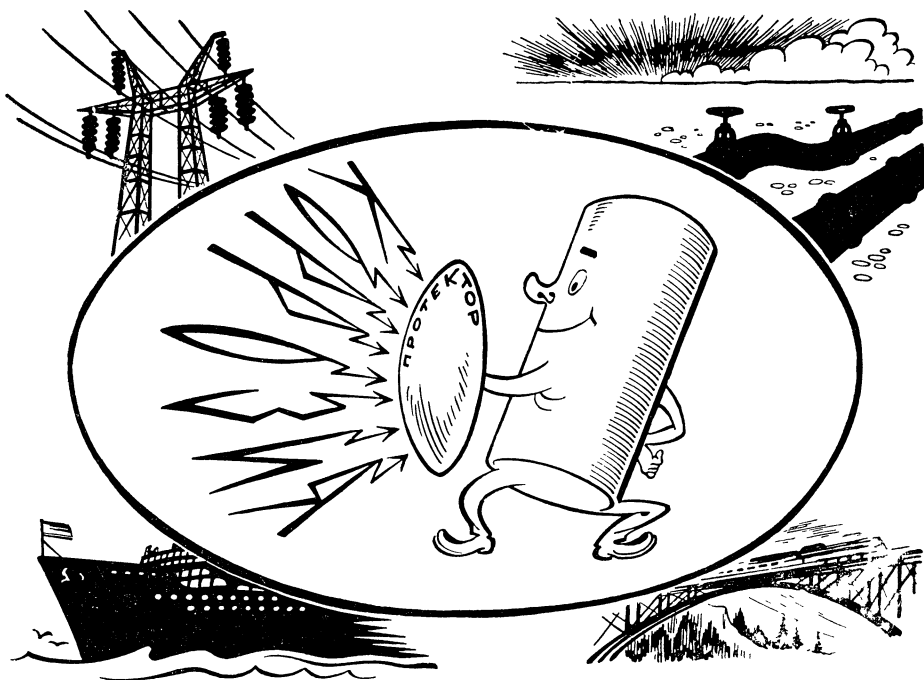
Нет, окисляются и они. Хром сразу же при соприкосновении с воздухом начинает окисляться, на его поверхности образуется чрезвычайно тонкая, прозрачная и прочная пленка окисла. Она-то и не дает проникнуть к поверхности металла кислороду воздуха, как броней защищает металл. Такая же пленка, но менее прозрачная, покрывает и поверхность алюминия. Это она делает его матовым, несколько ослабляя его металлический голубоватый блеск.

Вот эту способность некоторых металлов образовывать защитные пленки окислов и используют для защиты слабых, не способных сопротивляться ржавчине металлов.

Чаше всего эти металлы, например стали, покрывают пленкой такого металла. Всем известны никелированные и хромированные — покрытые никелем и хромом — детали машин, точный измерительный инструмент и т. д.

Интересен метод защиты металла от коррозии протекторами.

Вернемся к нашему гальваническому элементу — пластинкам меди и цинка. В этой паре металлов сгорает цинк. А вот если опустить в электролит цинковую и магниевую пластинки, цинк останется нетронутым, сгорать будет магний. Он как бы берет на себя защиту цинка. И пока весь магний не сгорит, цинк в гальваническом элементе окисляться не будет. И так с любой парой металлов. Окисляется, отдавая энергию для образования электрического тока, только один из них.



Надежный щит

Ученые расположили все элементы в один ряд в зависимости от их способности окисляться в гальваническом элементе. Вот некоторые металлы этого ряда: калий, натрий, барий, кальций, магний, алюминий, марганец, цинк, железо, никель, олово, свинец, медь, серебро, платина, золото. Какую бы пару элементов из этого ряда вы ни взяли, в гальваническом элементе будет сгорать тот металл, который ближе к началу этого списка.

И возникла идея: а почему бы, защищая особо важные детали машин и сооружений, не бросить на съедение ржавчине кусок другого металла, стоящего ближе защищаемого к началу списка? Конечно, это напоминает те жертвы, которые приносили критяне запертому в лабиринте минотавру — чудовищу с головой быка и телом человека. Ему на съедение отдавали ежегодно семь девушек и семь юношей, лишь бы он не наделал больших бед. Но в нашем случае с этим можно примириться: ведь речь идет о кусках цинка и марганца, которыми можно пожертво-

вать ради стальной нитки газопровода, металлического основания сооружения или корпуса океанского корабля.

Так и делают. К нити газопровода метров через пятьдесят подсоединяют протектор — сплав магния или цинка, закопанный в землю не-вдалеке. Образуется гальваническая пара, в которой сгорает протектор. Такая защита действует в течение нескольких лет. Но и по истечении этого срока значительно легче заменить протектор, чем целый газопровод.

Еще более активным методом защиты от коррозии является катодная защита. При этом методе к защищаемому металлу подсоединяется отрицательный полюс батареи, а положительный заземляется — его привязывают к старому рельсу, ржавому обломку трубы, которые и закапывают в землю. Таким образом создается ток, направление которого таково, что газопровод не ржавеет.

Теперь, зная химическую сущность ржавления, мы можем по-новому взглянуть и на роль защитных покрытий.

Цинк стоит ближе железа в нашем списке металлов. Значит, оцинкованное железо не будет ржаветь и в том случае, если часть покрытия исчезнет, окислится. Цинк будет самоотверженно, до последней молекулы неокисленного металла (чуть ли не до последней капли крови!), защищать своим телом железное ведро.

Совсем по-другому обстоит дело с никелевым покрытием. Ведь никель дальше железа в этом списке. Стоит прорваться этому покрытию — и в образовавшейся трещине заведется красная труха ржавчины. Недоглядишь — и она поползет под пленкой никеля, словно защищаясь им от посторонних взглядов.

Но ведь возможны случаи, когда нельзя применить для защиты от коррозии ни металлическое покрытие, ни покраску, ни метод протектора. Что ж, металл остается тогда беззащитным? Нет, в этих случаях применяют защиту ингибиторами.

Ингибиторы — это вещества, которые, оказываясь в растворенном виде в пленке покрывающей металл влаги, замедляют коррозию. Их можно добавить к серной или соляной кислоте — и перевозить ее в железной цистерне. На месте назначения можно будет извлечь из кислоты ингибитор, и она вновь приобретет свои разъедающие свойства.

Ингибиторы добавляют часто в состав лаков и красок. И пусть даже будет поцарапано такое покрытие. Просачивающаяся по царапине к металлу вода растворит по пути содержащийся в краске ингибитор, и он предохранит металл от коррозии.

Однажды сделали такой опыт. Несколько партий швейных игл, хранящихся на складе, смазали техническим вазелином и завернули в па-

рафинированную бумагу. Это один из обычных методов хранения такого рода изделий. Точно такое же количество таких же игл завернули в бумагу, пропитанную раствором ингибитора.

Прошло несколько месяцев, и упаковку вскрыли. Те иглы, которые были завернуты в парафинированную бумагу, оказались довольно сильно затронуты коррозией. На иглах, завернутых в пропитанную ингибиторами бумагу, не оказалось ни одного пятнышка ржавчины.

Действие ингибиторов объясняется тем, что входящие в них вещества способны создавать на поверхности металла тончайшие пленки. Их молекулы как бы приклеиваются, адсорбируются, к поверхности металла, мешают тем самым его взаимодействию с агрессивной средой.

К сожалению, ингибиторы имеют избирательное действие. Одни из них защищают черные металлы, другие — цветные. Вероятно, можно будет применить и универсальные, комбинированные ингибиторы.

Борьбу с коррозией продолжает и конструктор. Однажды в США построили яхту для спортивного состязания. Это была прекрасная яхта: стройный узкий корпус, рассчитанный на стремительный полет по воде, медно-никелевая обшивка, стальной киль. Когда яхту спустили на воду, владелец не мог налюбоваться ею. Но она развалилась еще до начала состязания. Сталь кия и медно-никелевая обшивка корпуса составили отличную гальваническую пару — и киль съела ржавчина. Кто виноват? Конечно, тот, кто спроектировал яхту.

Поэтому проектировщики внимательно следят теперь за тем, как сопрягаются в конструкции различные материалы. Например, просто недопустим прямой контакт алюминиевых сплавов с деталями из меди, латуни и нержавеющей стали. Таких сопряжений вообще стремятся избежать. А если это невозможно, то между соприкасающимися металлами вставляют инертные прокладки. Следит конструктор и за тем, чтобы в нужных местах были поставлены протекторы, чтобы особо ответственные детали, соприкасающиеся с агрессивными жидкостями, были защищены стойкими покрытиями, и т. д.

Трудно перечислить все ухищрения, на которые пускаются люди, чтобы защитить свой металл от ржавчины. Точные приборы, малейшее пятнышко окисла на которых уже необратимо портит их, иногда заключают в герметические корпуса, причем воздух, находящийся в них, освобождают от влаги. Авиационные моторы упаковывают в мешки из полихлорвиниловой пленки. Влагу, которая содержится в мешке, поглощает специально для этой цели вводимое вещество. И так далее и так далее.

В борьбе с коррозией человек одержал много побед, но до решительной победы еще далеко. Немало еще придется поискать, прежде чем жизнь металла станет вечной.

А возможно ли это? Да!

В Индии, в одном из городов, на главной площади стоит железная колонна. В глубокой древности выковали ее из чистого железа кузнецы. Как они справились с этой работой, обладая лишь примитивными горнами и ручной технологией, это и сегодня непонятно. Но уже много сотен лет стоит она, и ни одного пятнышка ржавчины нет на ее поверхности, покрытой причудливой вязью письмен. Не в ней ли скрыта тайна борьбы с коррозией? Не знали ли ее древние металлурги, творцы этого чуда?

Чистый металл... Да, чистота металла играет роль, когда речь идет о коррозии. Магний, содержащий меньше 0,005 процента железа, оказывается в десятки раз более стойким против коррозии, чем обычный технический магний, содержание железа в котором достигает 0,2 процента. Чистый алюминий в 20—30 раз более стоек по отношению к коррозии, чем алюминий, содержащий около 1 процента железа. Да это и понятно: ведь примеси — лишняя возможность для создания гальванических пар. Но и без них металл все равно, хотя и значительно меньше, корродирует. Случайная пылинки, севшая на его поверхность, уже может стать этой гальванической парой. Нет, не в чистоте металла разгадка тайны индийской колонны!..

Борьба с коррозией продолжается. Уже отступает, но еще уносит огромные жертвы рыжая смерть металла. Включайтесь и вы в эту борьбу! Защищайте металл! Ищите новые средства борьбы с ржавчиной! И, может быть, именно вам выпадет счастье открыть секрет древних индийских металлургов.

КАК ПТИЦА ФЕНИКС

Есть старое предание о фантастической мудрой птице Феникс, которая, почувствовав приближение старости, сама сжигала себя на костре. А когда догорали угли и ветер начинал подхватывать и разносить золу, она возрождалась снова юной, сильной и прекрасной.

Не о металле ли сложили древние сказители эту легенду? Ведь и он тоже, постаревший, уставший, рыжий и рябой от ржавчины, возрождаясь в огне мартена, становится юным, сильным, прекрасным.

Какой бы богатой ни была руда, все равно в ней больше посторонних пород, чем в железном ломе. Поэтому железный лом является лучшей пищей мартеновских печей.

Для получения 1 тонны стали надо добыть 2,5 тонны руды и затра-



Второе рождение металла

тить около 2 тонн каменного угля. Поэтому выплавленная из металлического лома сталь получается гораздо дешевле.

Часто задают вопрос: как же это так, в планах грядущей семилетки намечено довести выплавку стали в 1965 году до 95—97 млн. тонн, чугуна же будет выплавлено всего 72—73 млн. тонн? А ведь сталь выплавляют из чугуна. Даже если весь чугун пустить на переплавку в сталь, и то баланс не сходится.

Нет, не весь чугун будет переплавлен в сталь. Мы знаем, и чугуну находится применение в нашем хозяйстве. А сталь будет выплавляться не только из чугуна, но и из металлолома.

Металлолом — это и отходы станкостроительного производства, и вышедший из строя инструмент, и проработавший свое старый паровоз, и консервная банка. Металлолом собирают и сдают промышленные предприятия в плановом порядке. Его принимают от населения и от школьников.

Собирайте лом черных металлов! Пусть воскреснет в пламени мартена звонкая сталь для новой службы людям!

Но, пожалуй, еще важнее возврат цветных металлов.

Вы сдали в палатку «Вторцветмета» 10—12 кг медного лома: позеленевшие от времени дверные ручки, обломки старой люстры, обрывки проводов. Все это уместилось в од-

ной авоське. А знаете ли вы, сколько надо добыть медной руды, чтобы выплавить эту авоську меди? Целую тонну! Да еще получить из нее металл сложнейшим многоступенчатым способом (о нем вы можете узнать в соответствующем разделе этой книги). Вот сколько человеческого труда вернули вы людям в вашей авоське!

А серебристо-голубой алюминий? Его добывают из красноватой вязкой глины — бокситов. Это не легкий процесс, не зря буквально вездесущий металл современной авиации впервые получили в чистом виде всего лишь немногим более столетия назад. Для того чтобы выработать тонну алюминия, надо затратить около 20 тысяч киловатт-часов энергии. Энергии первенца нашей гидроэнергетики, Волховской ГЭС, вырабатываемой за час, едва хватило бы для получения 3 тонн алюминия. А на омоложение того алюминия, лом которого вы возвращаете на переплавку, надо затратить всего 50 киловатт-часов на тонну. В 400 раз меньше!

Около половины общей выплавки меди в нашей стране осуществляется из медного лома. Свыше трети алюминия и

цинка вырабатывается из отходов и отработавших свою жизнь изделий.

Собирайте драгоценный лом цветных металлов! Сколько сотен тысяч людей занимается в нашей стране фотолюбительством? Вряд ли можно назвать точную цифру. А сколько у нас кинолюбителей, снимающих любительские фильмы в туристическом путешествии, дома, на заводе? Но возвращается ли в обиход тот драгоценный металл, который еще в

Для того чтобы получить 1 тонну металла, надо переработать:

железной	
руды	около 75 тонн
золотосодержащей	
породы	около 100.000 тонн
пород, содержащих	
радий	около 500.000.000 тонн

Идет электроэнергии на получение тонны:

радия	5 млрд. квт-ч
золота	5 млн. квт-ч
алюминия	20 тыс. квт-ч

Если принять стоимость тонны чугуна за 100 %, то тогда приблизительно стоимость тонны составит:

стального проката	140 %
самого дешевого цветного	
металла цинка	600 %
меди	1400 %
никеля	5600 %
олова	22 000 %
кобальта	60 000 %
редкого металла	
циркония	400 000 %

древности относили к числу благородных,— серебро, входящее в состав светочувствительной эмульсии? В огромном большинстве своем — нет.

А ведь каждый метр киноплёнки содержит 0,04 г серебра. А в 100 кг золы, полученной после сжигания ненужной, испорченной фотобумаги, имеется целых 2,5 г этого металла.

Серебро содержится и в отработанном проявителе. И оттуда его можно получить, надо только организовать сбор этих драгоценных отбросов.

Пусть не одну, а две, три, десять жизней живет металл! Пусть возрождается в огне, как птица Феникс!





В РУКАХ ВЕЛИКОГО МАСТЕРА



Это великий мастер — человек — сделал металл металлом. Это он создал искусственные вулканы — доменные печи, где вываривается из грязно-ржавых или черных камней огненная лава чугуна.

Это он подобрал сотни добавок, облагораживающих слабое железо, придающих ему такие свойства, каких оно нигде не имеет в природе.

Это его изобретательность нашла сложные процессы термической и химико-термической обработки, преобразующие самую внутреннюю структуру железа, превращающие его, мягкое, податливое, в закаленный, твердый, почти как алмаз, булат клинка или прочную, вязкую, почти как вар, сталь корабельной брони.

Это его дерзкая мысль вступила в борьбу с коррозией и, словно щитом прикрыв нестойкий металл, многократно удлинила его жизнь.

		26	
		Fe	
		Железо	
		55,85	

Чем был без человека металл?

Ржавыми камнями, бесплодно выветривающимися в обрывах гор.

Чем он стал в руках человека?

Фундаментом второй природы, скелетом пирамиды, которую мы называем материальной культурой. Вершина этой пирамиды сегодня достигла Луны, завтра коснется Венеры и Марса, а послезавтра дотянется до других звездных миров.

Много побед одержал человек над природой с помощью металла. Но всем этим победам предшествует победа над самим металлом.

Получить металл из руды, придать ему высокие качества, сделать его прочным — это еще только первая половина дела. Надо придать металлу ту форму, которая нужна в конкретной детали машины, конкретной части сооружения.

Человек научился и этому. Он создал станки, которые обжимают и формуют болванки из сверхтвердой стали так же легко, как ребенок орудует пластилином. Другие станки режут крепчайшие металлы, используя для этого стальные же резцы. А когда они отказывают, он берет на помощь холодную твердость алмаза, резкую силу электрической искры, упругую мощь ультразвука. Третьи машины делают нужные человеку вещи прямо из огненной лавы расплава.

И, может быть, среди многих побед человека победа над металлом является самой главной.

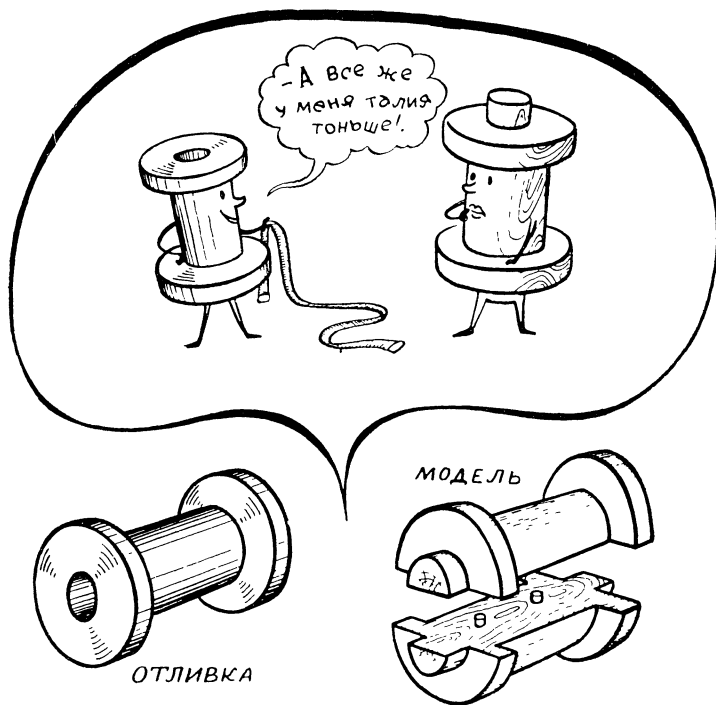
ПОБЕЖДЕННАЯ ЛАВА

Литье — один из самых древних способов обработки металлов. Более шести тысяч лет тому назад первые металлурги лили бронзу в каменные формы. Но, конечно, с тех пор ничего не осталось неизменным в литейном деле, кроме, может быть, главного принципа: расплавленный металл выливается в заранее приготовленную форму будущего изделия.

Множество различных способов обработки создал с тех пор человек. Он построил гигантские молоты, прессы, прокатные станы, открыл принципиально новые методы обработки, но литье и сегодня не сдает своих позиций. Ведь и сегодня металлообрабатывающие станки состоят на 80—85 процентов по весу из деталей, полученных литьем. В тракторе и крупных гидравлических турбинах 55—60 процентов литых деталей. И даже обычный товарный вагон содержит 25 процентов литья.

Современное литье позволяет получать отливки чрезвычайно сложной формы — такой, какую не получишь ни токарной, ни фрезерной обработкой, ни даже ковкой и штамповкой. Попробуйте, например, получить штамповкой или обработкой резанием обыкновенный перепускной вентиль — бочкообразное изделие с тремя отверстиями и фигурными стенками внутри. Да он, пройдя сотни операций на различных станках, будет стоить столько, сколько стоит такого же веса золотой слиток! А ведь вентили применяются буквально везде, их изготавливают десятки, если не сотни, тысяч в год. Конечно, их изготавливают литьем!

Современное литье позволяет получать и крохотные отливки — весом всего в несколько граммов, и гигантские — весом в десятки и даже сотни тонн. Можно изготавливать отливки уникальные, в единственном экземпляре, и десятками тысяч на конвейере. Можно делать их из чугуна или стали и из разнообразнейших цветных металлов, кроме самых тугоплавких. Отливки можно изготавливать и из таких сплавов, которые никаким другим видам обработки не поддаются, например белого чугуна, целого ряда алюминиевых сплавов и т. д.



По образу и подобию.

Конечно, кое в чем литье уступает другим видам обработки. Например, прочность литого коленчатого вала уступает прочности кованого вала. Некоторые детали, изготовленные сваркой из различных видов проката, оказываются менее металлоемкими, чем такие же литые детали. Но, сдавая некоторые позиции сварным конструкциям, литье захватывает новые в совершенно неожиданных областях. Лить начинают даже такие детали, которые никогда литьем не изготавливались. К ним относятся, например, турбинные лопатки, коленчатые валы, режущий инструмент — фрезы, резцы и т. д.

Для получения литья в первую очередь надо расплавить металл. Для этой цели в чугунолитейных цехах стоят младшие сестры домен — вагранки. Это цилиндрические металлические печи, выложенные внутри шамотным кирпичом. Диаметр вертикально поставленного цилиндра

вагранки может достигать до 3 м. Высота — 10 м — выше трехэтажного дома.

В вагранку загружают кокс, флюсы, чугунные чушки, стальной и чугунный лом. Сквозь систему фурм в нее подают воздушное дутье. Так же, как и во многих других печах, очень хорошие результаты дает обогащение дутья кислородом.

В нижней части вагранки скопляются жидкий чугун и шлаки. У некоторых вагранок имеются специальные копильники, в которые и стекают металл и шлак. В зависимости от величины вагранка дает от 1 до 25 тонн чугуна в час.

Сталь для литья плавят в небольших мартенах и электропечах. Для расплавления цветных металлов служат различные электропечи.

...Но вот уже волнуется искусственная лава в копильнике. Готов ковш, чтобы отнести горсть металла к форме. А как делают эту форму?

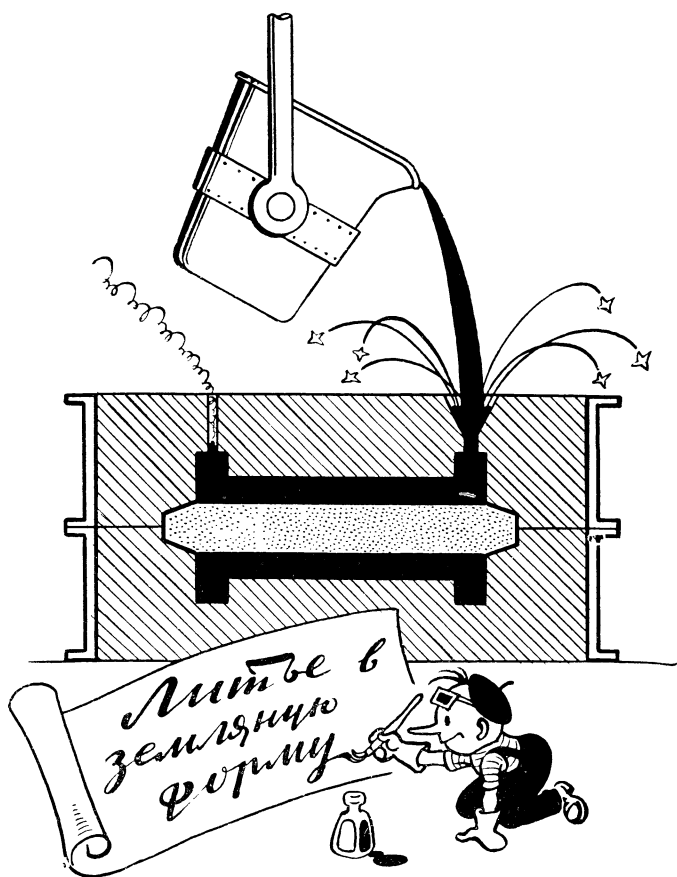
Форму можно сделать только по модели изделия, которое надо получить. Даже имея такое изделие, нельзя, не изготовив формы, получить такое же второе изделие. Дело в том, что модель, по которой будет производиться отливка, отличается от самого изделия.

Прежде всего она имеет другие размеры. Это и понятно: ведь, заполнив в расплавленном виде форму, металл при охлаждении начнет сжиматься, произойдет усадка металла, как говорят литейщики. Поэтому модель всегда несколько больше изделия.

Во-вторых, модель не повторяет целиком формы изделия. Обычно там, где у изделия отверстия, у модели, наоборот, выступы, да еще окрашенные в черный цвет. Впрочем, их назначение сразу станет ясным, как только мы пройдем вместе с нашей деревянной моделью к тому месту, где изготавливается по ней земляная форма.

Если изделие невелико, его отливают в разборной опоке. Опока — это деревянный или металлический ящик, у которого отрезана верхняя половина стенок и нет крышки. В нижнюю половину, перевернув ее, закладывают модель и засыпают землей и формовочной смесью. После того как эта смесь будет достаточно уплотнена, опоку переворачивают, накладывают верхнюю половину ящика и тоже засыпают землей и уплотняют. В земле этой половины ящика проделявают отверстия от модели наружу. Их делают минимум два: в одно наливают металл, по другому уходит вытесняемый из формы воздух. Снова разъединяют половинки ящиков, вынимают модель, устанавливают стержни — вылепленные из особой земляной смеси формы отверстий и углублений в изделии. Эти стержни опираются на земляную форму в местах черных выступов модели — вот мы и выяснили их назначение. Ящики снова складывают. Земляная форма готова к заливке металлом.

Мы очень схематично рассказали о методе литья, называемом литьем в земляную форму. А между тем дело это отнюдь не простое. Взять



хотя бы формовочную землю. Ведь только ее приготовление — целая наука. Она должна быть прочной, чтобы ее не размывала тяжелая струя металла. Она должна быть пористой, чтобы дать выход выделяющимся из металла газам. Она должна быть огнеупорной, не содержать легкоплавких веществ, способных «пригореть» к металлу отливки. И т. д.

Существуют сотни, наверное, рецептов для составления формовочных смесей. Основой обычно является горелая (старая, отработанная), выбитая из опок земля. В нее добавляют свежие материалы — глину, песок и добавки — каменноугольную пыль, древесные опилки и т. д.

Еще сложнее рецептура материалов, идущих на изготовление стержней. В них вводят масла, жидкое стекло, цемент, сульфидный щелок и т. д. К тому же их нередко подвергают прокаливанию при температуре до 250 градусов. Иногда в них вводится металлический каркас... Если еще добавить, что всех этих разнообразных смесей надо бывает приготовить сотни тысяч тонн — ведь на одну тонну отливок уходит в среднем 6 кубометров формовочной смеси и около 0,5 кубометра стержневой, а объем их в 40 раз больше объема отливки, — вы поймете, почему этим занимаются на крупных заводах целые отделения цехов.

Но вот поток искусственной лавы, озарив, как солнечным лучом, пролет цеха, исчез в литниковом отверстии. После затвердения металла форму можно будет разрушить — она уже выполнила свою роль — и извлечь изделие. А затем очистить отливку от остатков стержней, от пригоревшей формовочной земли. Все это дело непростое. Много тяжелого человеческого труда надо затратить на него.

Поэтому все операции очистки отливок стремятся механизировать. Выбивку опок производят на специальных вибрационных решетках. Формовочная земля под влиянием вибраций рассыпается и проваливается сквозь решетку, а отливка остается на ней. Стержни удаляются в специальных камерах струями воды, подаваемой под давлением до 100 атмосфер. Такая струя под стать лому. Ударь по ней палкой — и палка сломается, словно встретила на пути не зыбкую воду, а стальной прут. Очистка поверхностей отливок осуществляется или обкаткой в барабанах, или в пескоструйных и дробеструйных установках. Струя песка или дроби увлекается потоком воздуха, ударяет в поверхность отливки и освобождают ее от всех посторонних пригоревших веществ. Так же работают и пескогидравлические установки, только вместо воздуха песок здесь увлекается струей воды. Это уменьшает количество пыли, улучшает условия работы.

Множество машин и механизмов помогают в работе литейщикам. Есть специальные машины, приготовляющие земляную смесь. Есть машины — и гигантские машины! — для формовки отливок. Так, на Уралмашзаводе работает пневматическая формовочная машина грузоподъемностью в 40 тонн. Там же работает вибрационная решетка, на которой производится выбивка форм, изготовленных на 40-тонной машине. Кстати, применение ее повысило производительность труда в 20 раз.

И все-таки как бы хорошо было обойтись без всех этих побочных операций — без приготовления земляной и стержневой смесей, без пыльной выбивки опок и пескоструйной очистки.

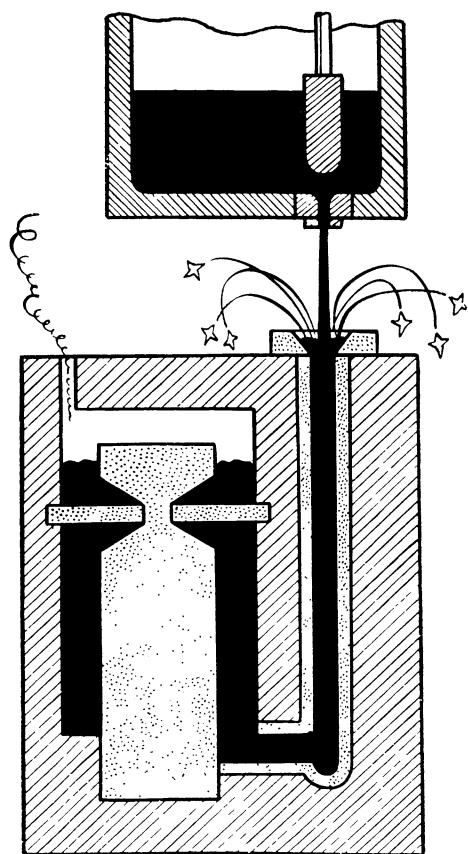
Мы на первом в мире советском заводе-автомате, выпускающем автомобильные поршни.

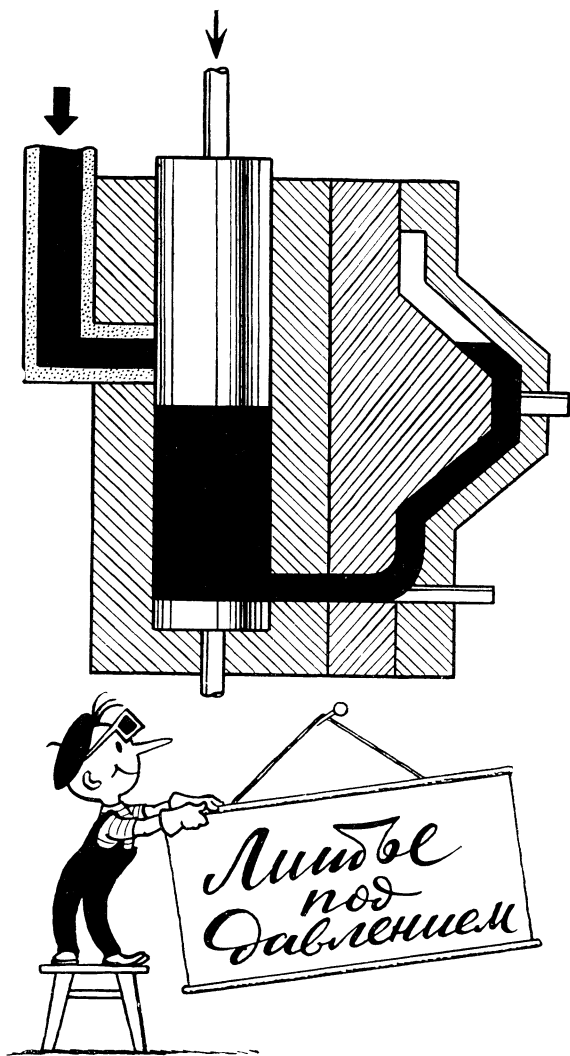
За плавильной печью на этом заводе стоит литейная машина. Через каждые несколько секунд под отверстие ее дозатора подходит раздвижная форма — кокиль. Эта форма напоминает две сложенные вместе ладони. В них из дозатора выливается точно рассчитанная порция металла. Не пролив ни единой капли, несет форма застывший металл, потом разъединяется на две половины. Готовую отливку подхватывает механическая рука и ставит на транспортер.

Ладони, только что бережно сформовавшие отливку, возвращаются назад, к дозатору. Специальные механизмы обдувают их для охлаждения сжатым воздухом, смазывают специальным веществом, чтобы увеличить их стойкость. И снова они складываются вместе, готовые принять новую порцию металла...

Это кокильное литье, литье в постоянные формы. Оно уже широко применяется в нашей стране и не только для получения цветных отливок. В металлических формах отливают и чугун и сталь.

Достоинство литья в кокиль — в первую очередь в возможности обеспечить высокую производительность литейного процесса. Кокильное литье легко механизировать и автоматизировать, что мы и видели на первом в мире заводе-автомате. Да и отливка получается



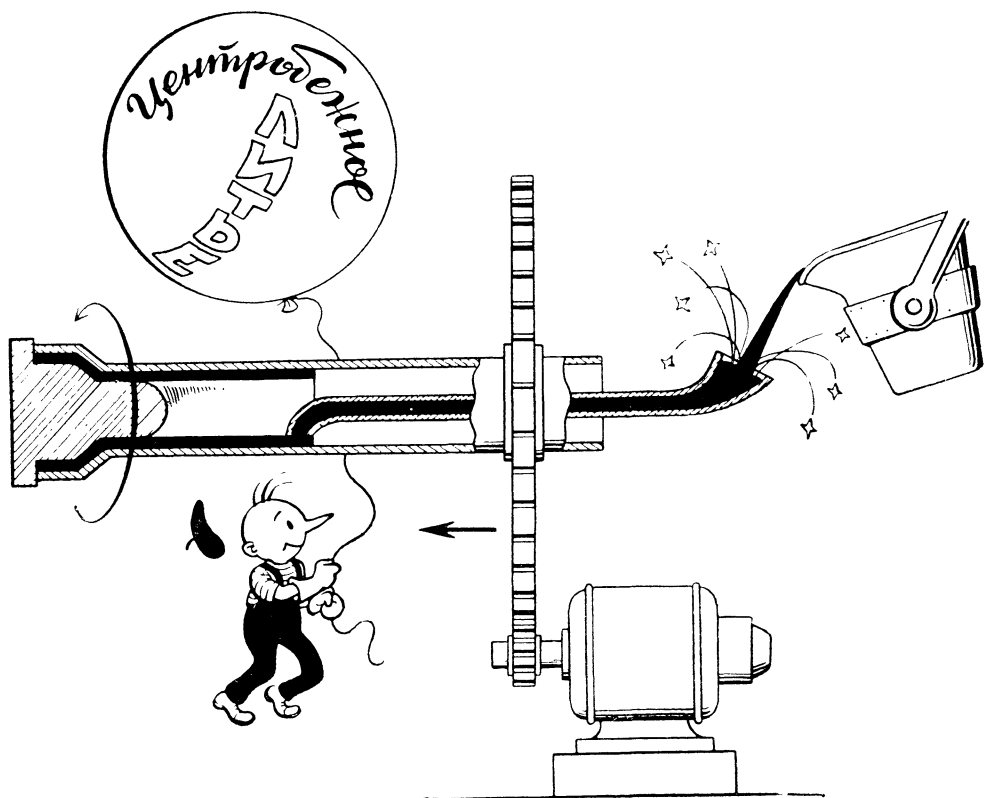


куда лучшего качества, чем при литье в землю. Недостаток в том, что в тех случаях, когда надо получить всего одну-две отливки, применить его нельзя. Слишком уж дорого стоит изготовление разъемной металлической формы. Ее целесообразно делать, только имея целью применить много раз подряд, в серийном или массовом производстве.

К сожалению, литьем в кокиль не удастся получить отливок с очень тонкими стенками: металл застывает, не заполнив их до конца. Чтобы прогнать туда металл, надо его подать под большим давлением.

При литье под давлением кокиль соединяется литниковой системой с камерой сжатия, в которой ходит поршень. Вот он поднялся, и эту камеру заполнил металл. Поршень энергично, с большой скоростью и силой давит на металл. Тот устремляется в кокиль и заполняет все его самые

тонкие щели. Еще бы, ведь давление достигает тысячи атмосфер! Воздух, заполнявший кокиль, уходит из него в прямо-таки микроскопические щели толщиной в доли миллиметра. Даже подаваемый под таким большим давлением металл не может проникнуть в них.



Отлитые этим методом детали имеют чрезвычайно точные размеры, чистую поверхность. По большей части они не требуют никакой дополнительной обработки.

К сожалению, этим способом еще не научились делать отливки черных металлов: нет материала, который смог бы работать при высоких температурах и таких же давлениях. Да и цветные отливки удастся получать не больше нескольких килограммов весом.

Но это молодой вид литья. У него еще все впереди!

Металлурги-литейщики уже давно заметили, что металл отливки получается более качественным, если его подвергнуть уплотнению, дополнительному сжатию. Одним из способов обеспечить такое сжатие является использование центробежной силы.

Да, форма, в которую заливают металл при центробежном литье, вращается. Вращаются длинные формы для центробежной отливки чугунных труб, а датчик, по которому в форму вливают чугун, движется внутри ее от края до края. Нельзя вылить металл в одном месте: он может застынуть, не успев разлиться по всей форме. Вращаются и узкие формы для центробежной заливки подпятников крупных турбин. Что же при этом происходит?

Центробежная сила отжимает к периферии тяжелый чистый металл. Все включения, пузыри, посторонние примеси оказываются выброшенными в центральную полость. И металл получается очень прочным, качественным.

Небольшие отливки высокой частоты из черных металлов можно получить литьем по выплавляемым моделям.

Сущность этого способа состоит в том, что модель делается из легкоплавкого воскообразного вещества. Таких моделей может быть очень много — если сделана для них форма, их изготовить очень легко. «Восковые» модели присоединяются к такому же «восковому» литнику. Затем их обсыпают специальной формовочной смесью, содержащей связующие вещества, например жидкое стекло. После того как обсыпка застынет на воздухе, их погружают в горячую воду. «Воск» плавится и вытекает из форм. Их прокаливают, и они готовы для заливки металлом. Чаще всего — цветным металлом или сплавом.

Таким способом можно получить любую, сколько угодно сложную отливку. Точность ее будет приближаться к точности отливок, сделанных под давлением.

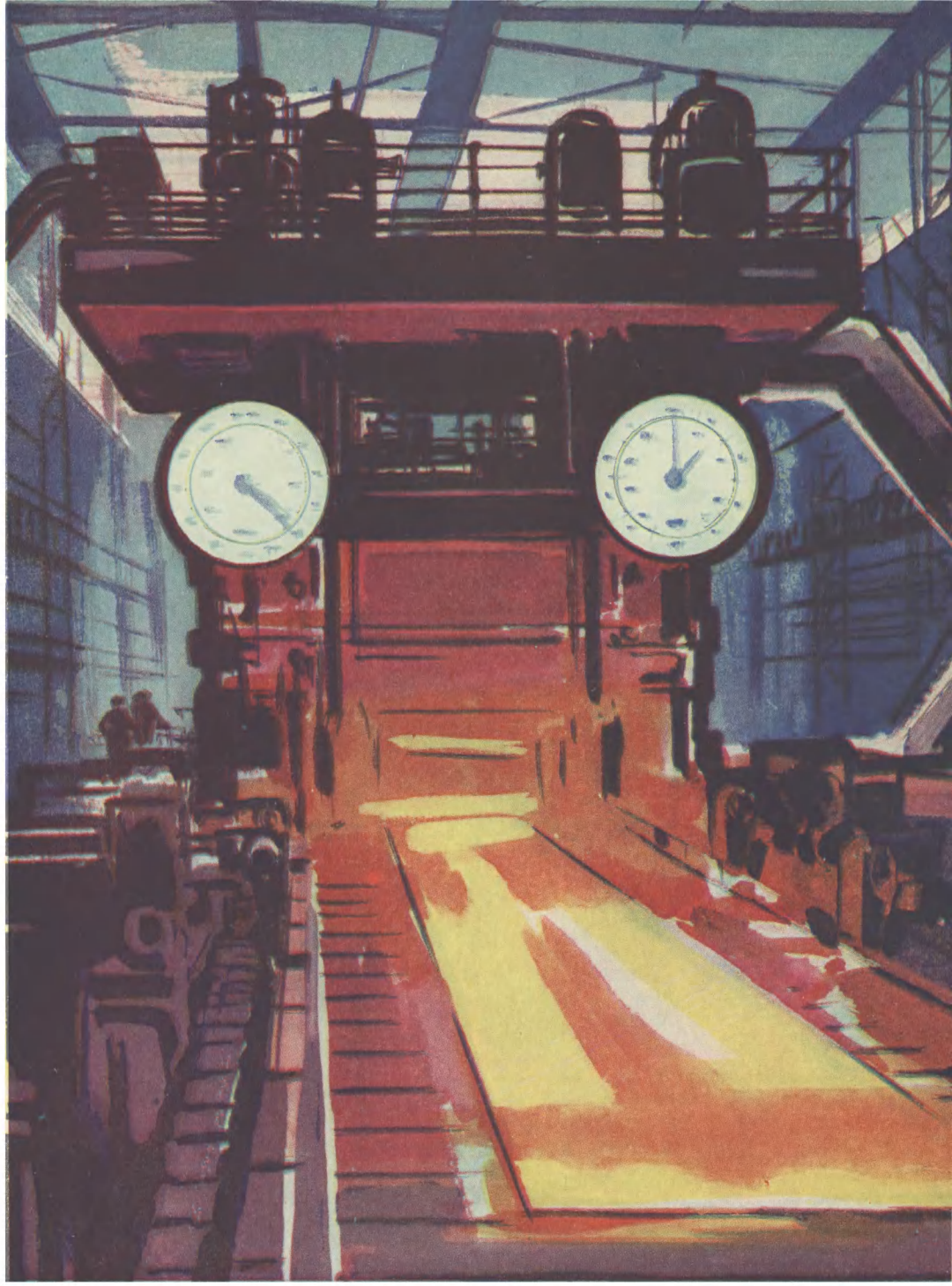
Литье по выплавляемым моделям — дальний потомок воскового литья. Иначе его называют точным литьем. Оно применяется все шире и шире.

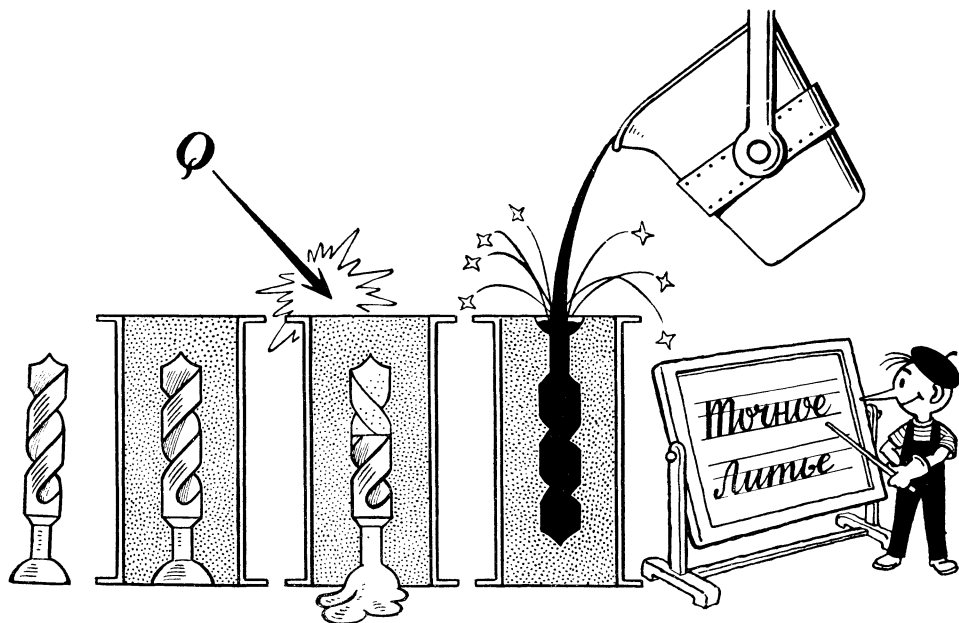
Близким родственником этого вида литья является литье в корковые формы.

Металлическую модель изделия укрепляют на металлической плите, нагретой до температуры 200—250 градусов. И этой плитой накрывают бункер с формовочной смесью. Затем бункер переворачивают, так что формовочная смесь засыпает модель. Эта формовочная смесь имеет в своем составе небольшое количество порошка особой искусственной смолы — пульвербакелита. Пульвербакелит при соприкосновении с нагретой моделью и доской плавится, а затем отвердевает, образуя твердую корку. Когда через несколько секунд бункер переворачивают назад, на поверхности модели остается скорлупка толщиной около сантиметра.

Скорлупку вместе с моделью и плитой помещают на одну минуту

ВОРОТА СТАЛИ — БЛЮМИНГ, ГИГАНТСКАЯ МАШИНА, ОДНА ЗАНИМАЮЩАЯ ОГРОМНЫЙ ЦЕХ.





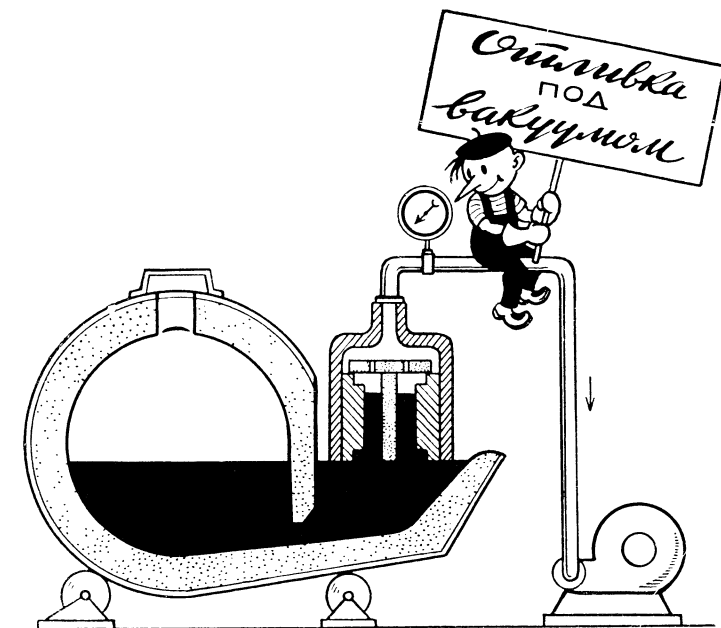
в электропечь, нагретую до температуры в 300—350 градусов. Происходит отвердевание состава, после чего его снимают с модели. Так же изготавливают вторую половину формы. Их соединяют, устанавливают в ящик, засыпают землей. Можно производить отливку.

Быстрота, механизированность этого метода также гарантируют ему все более широкое применение.

В литейном деле используется не только высокое давление, но и высокий вакуум.

В расплавленный металл погружается медная пустостенная форма. Между ее двойными стенками циркулирует охлаждающая вода, а из внутренней полости откачивается воздух и в образовавшийся вакуум засасывается металл. Соприкасаясь с холодными стенками формы, он кристаллизуется. Если теперь снова пустить в форму воздух, металл выльется из нее, оставив застывшую корку у стенок — готовую трубку. Если дать металлу остыть целиком, мы получим отличную отливку. Мы уже говорили о том, как улучшает качество металла литье под вакуумом.

Этот способ также применим пока только для цветных металлов и в массовом производстве.



Вот каким разнообразным стало древнее литье! Оно поставило себе на службу и высокие давления, и вакуум, и центробежную силу, и свойства пластмасс и смол. И все-таки самым универсальным и сегодня остается литье в землю.

А между тем у него много недостатков. Мы уже говорили о них. Взять хотя бы возню с земляной смесью и с очисткой форм. Но попробуйте представить, каким еще способом можно отлить чугунную деталь гидравлической турбины? Не вытягиванием же в вакуум или выдавливанием в кокиль под давлением!.. Вот и приходится пока мириться со всеми неудобствами этого способа литья. Конечно, только пока... Пока кто-то не придумает другой способ литья — не менее универсальный, но более удобный, производительный, гигиеничный, быстрый.

А что он будет придуман, сомнений нет.

ЛИТЬЕ ВВЕРХ

Не часто появляется в современной технике принципиально новый метод обработки материалов. Из глубокой древности пришли в наш век резание, литье, ковка. В черновиках Леонардо да Винчи мы находим

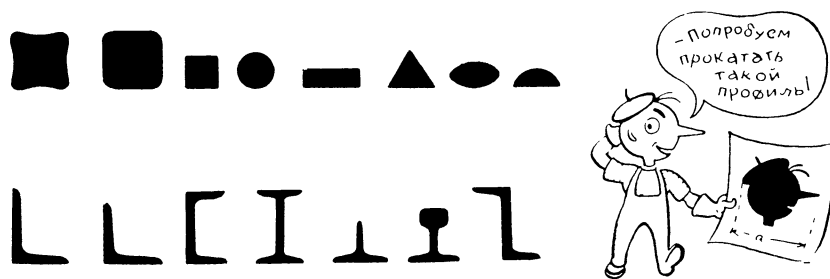
первый чертеж прокатного стана для олова. В 1943 году супруги Б. Р. и Н. И. Лазаренко открыли электроэрозионный способ обработки металлов...

И вот летом 1959 года на Всесоюзной промышленно-экономической выставке в Москве мне посчастливилось познакомиться с изобретателем принципиально нового способа обработки металлов. Настолько нового, что я и сейчас не знаю, к какому виду его отнести — к литью, к прокату?

Доктор физико-математических наук профессор Александр Васильевич Степанов, скромный, спокойный человек, у стенда в павильоне Академии наук рассказал о своем только что возникшем методе. Он его называет методом получения любых профилей прямо из расплава.

...В ванну с расплавленным алюминием опускают торцом обрезок трубы, своеобразную «затравку». Расплавленный металл соприкасается с твердым, и, когда трубу приподнимают, силы молекулярного сцепления поднимают за ним из расплава часть металла, точно повторяющего профиль «затравки». Часть металла при этом охлаждается, кристаллизуется. Трубу еще приподнимают. Застывает новый слой металла. Еще и еще. Из ванны с расплавом растет со скоростью 10—20 м в час совершенно готовая труба с чистыми, словно отполированными стенками, точно выдержанным диаметром.

— Да разве только трубы можно изготовлять этим методом?— говорит профессор.— А вот полюбуйтесь, заготовка для производства шестерен.— Он протянул металлический стержень с продольными ребрышками.— Осталось только отрезать от этого стержня шестерни. Профиль может быть любым, в том числе и таким, какой невозможно получить никаким другим способом. Можно тянуть прямо из расплава пластины толщиной в долю миллиметра, почти фольгу, и толстостенные трубы или балки. Можно получать все изделия современного проката, минуя все промежуточные процессы, в целом ряде случаев обходясь и без дальнейшей обработки на металлорежущих станках.



Их бесконечно много — различных форм проката.

И еще: новый способ годится не только для металлов, а для всех материалов, которые могут быть расплавлены...

Так возникает новое. Миллионы людей видели, как за ложкой, вынутой из банки с медом, тянется длинный хвост вязкой жидкости. Но никому не пришло в голову до Александра Васильевича использовать это явление в качестве метода металлообработки. А сколько еще таких известных всем, очень простых явлений ожидает, чтобы и их поставили на службу человеку?

Нет, это дается не каждому! Ведь только после того, как открытие сделано, кажется оно простым. И тогда каждый думает про себя: как же это я не догадался?

МЕТАЛЛ ПОДЧИНЯЕТСЯ СИЛЕ

Мы уже говорили об одном из методов этого вида обработки, когда не хитрость, не обходный маневр, а прямую силу применяет человек для того, чтобы придать металлу требующуюся форму. Мы говорили о прокатке, когда исследовали путь металла от домны до машиностроительного завода. Мы не могли там не рассказать о блюминге — первом среди прокатных станов, в валки которого попадает 75 процентов всей выплавляемой стали и огромная часть цветных металлов и сплавов.

Огромная часть, но не все. Ибо не над всеми металлами властна обработка давлением.

Возьмите кусочек чугуна и попробуйте убедиться, проковывая его хоть тем самым молотком, которым вы забиваете гвозди на обломке рельса вместо наковальни, что это — металл. Ведь первым признаком металла считали встарь его ковкость. «Тела, которые ковать можно», — определил их Ломоносов. Но можно сразу сказать: чугун (обломок сковороды, например) не проявит своих металлических свойств. Он будет трескаться и рассыпаться, если вы усилите удары. Но проявить пластических свойств, изменить форму под воздействием ударов он не желает.

Нет, и в нагретом виде чугун не становится покладистее. Правда, в самое последнее время кое-где делают опыты прокатки чугуна, нагретого до температуры 1100—1200 градусов. Но в промышленность этот метод еще не перешел. И чугун так и считается наряду с целым рядом других металлов и сплавов, обладающих столь же непокладистыми характеристиками, не поддающимся обработке давлением.

К счастью, подавляющее большинство широко используемых в технике и промышленности металлов и сплавов могут обрабатываться дав-

лением или в холодном, или в горячем виде. К счастью потому, что обработка давлением обладает целым рядом преимуществ по сравнению, например, с резанием.

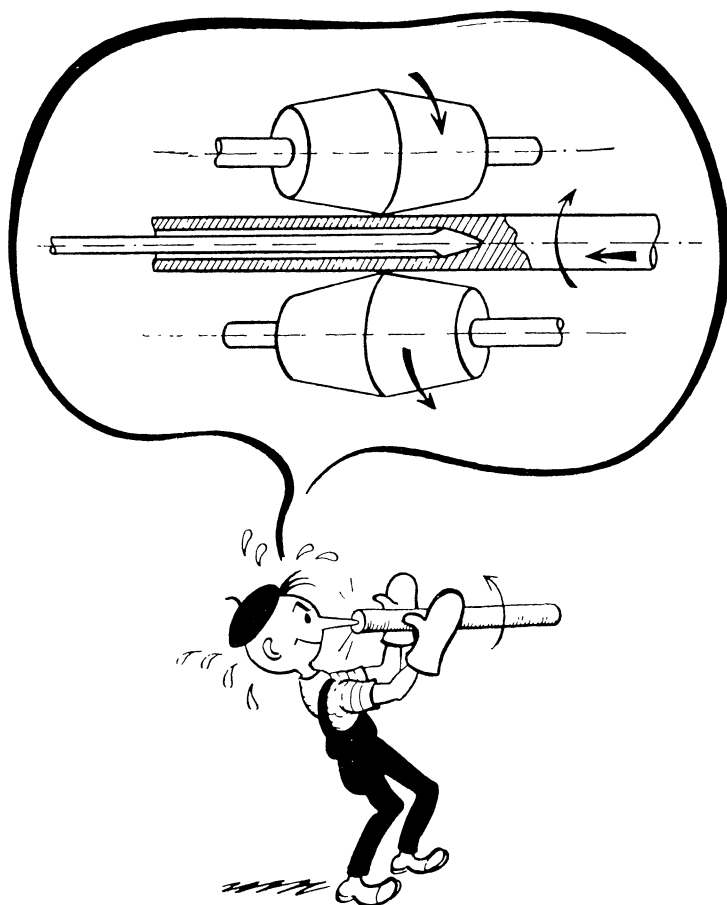


Схема — проста, процесс — удивительно сложен.

При обработке давлением металл изменяет свою форму, но не объем. Весь металл слитка превращается при прокате в рельс. Весь металл проволоки при волочении остается проволокой. В отходы попадают только те 2—4 процента, которые идут в угар и окалину при нагреве

слитков в печах да незначительные обрубки при доводке полуфабриката. А это все означает, что почти нет отходов металла при обработке его давлением.

Совсем иное при обработке резанием, при котором любое изменение формы осуществляется только за счет удаления части металла.

На одном из московских заводов произвели такой опыт. Одну из деталей автомобиля — колпачковую гайку весом в 187 г — изготовили резанием и прессованием. В первом случае в отход пошло 379 г металла, во втором случае — всего 14 г.

Одна гайка — мелочь. Но, когда таких мелочей надо сотни тысяч, они оборачиваются миллионами рублей. Да и отдельные детали немассового производства иногда тоже обходятся недешево, если их изготавливать резанием.

Вот, к примеру, диск паровой турбины весом в 2,8 тонны изготавлился до недавнего прошлого на турбостроительных заводах резанием из заготовки весом в 9,7 тонны. 6,9 тонны стружки с каждого такого диска — а их десятки в крупных паровых турбинах — уходило на переплавку.

По сравнению с расточительностью резания разумная экономичность многих видов обработки давлением является огромным преимуществом. Но не единственным.

При обработке давлением в процессе пластической деформации изменяется самая структура металла, причем, если провести процесс обработки правильно, то после нее улучшаются и механические свойства металла. При прокатке, например, завариваются ослабленные места слитка, металл становится плотнее и прочнее. Ковка обеспечивает выгодное расположение волокнистой структуры заготовки. Холодная обработка давлением вызывает нередко упрочнение поверхности изделия за счет наклепа.

Совершенно иная картина при обработке резанием. Резец снимает только поверхностный слой металла, ничем не изменяя его внутреннего строения. Мало того, часто он перерезает волокнистую его структуру, ослабляя изделие.

Обработка давлением значительно производительнее резания. Трудно представить даже строгальный станок, который бы вытачивал из стальных брусков рельсы с такой скоростью, с какой они выбегают из валков прокатного стана. А стан для проката тонкого листа выдает каждую секунду 30—35 м прокатанного металла, или 100 км в час. Буквально со скоростью самолета!

Обработкой давлением можно изготовить бесчисленное множество различных изделий. Возьмем только одну прокатку. Вот перечисление некоторых видов станков, из которого можно представить, что именно делается этим методом: рельсобалочные, сортопрокатные, проволочные,

листопрокатные, трубопрокатные, бандажепрокатные, колесопрокатные и т. д.

Разнообразен сортамент проката. Здесь и квадратные, и круглые, и полукруглые, и прямоугольные, и овальные, и ромбические профили самых различных размеров. Здесь и угольники, и швеллеры, похожие на букву «С», и двутавры, напоминающие положенную на бок букву «Н», и Т-образные швеллеры, и рельсы, и Z-образные профили, и трубы, и листы брони, и тонкая фольга и т. д.

Прокатка бывает горячей и холодной.

Горячая прокатка сталей начинается обычно при температуре в 1250—1000 градусов, в зависимости от марки стали, и кончается при 900—800 градусах. А для чего надо нагревать металл? Ведь сталь, если она не закалена, пластична и в холодном виде.

Да, но ее пластичность при нагревании многократно увеличивается, а прочность уменьшается. Так, сталь, имеющая предел прочности при комнатной температуре в 80 кг на кв. мм, при нагревании до 1000 градусов снижает его всего до 7,5 кг на кв. мм. Высокая пластичность сочетается с малой сопротивляемостью деформации. Идеальное состояние для обработки давлением!

Нагрев заготовок производят в пламенных или электрических печах. По характеру распределения температур в рабочем пространстве различают печи камерные (в них температура во всем объеме одинакова) и методические. Заготовки, поступившие в такую печь с одного конца, по мере прохождения попадают все в более высокую температуру.

Сталь обычно нагревают в пламенных печах, цветные металлы — в электрических. Ведь в них легче выдержать узкие границы температур нагрева цветных металлов. Но наряду с печами у нас все чаще начинают применяться нагревательные устройства принципиально нового типа. Мне их пришлось видеть на одном из московских автомобильных заводов, в кузнечном цехе. Но, войдя в него, мы бы не сказали даже, что это кузница. Ни дымных горнов с нависшими зонтиками вытяжных устройств, ни угара, ни куч кокса в углах и кусков пережженного железа под ногами. Светлой краской окрашенные стены, кафельный пол. Светлые, широкие, от пола до потолка окна, открытые навстречу весеннему ветру. Единственное — пневматические молоты и гидравлические прессы подтверждали, что здесь кузница.

И все-таки здесь выполняли кузнечные работы. Заготовки закладывали в специальные устройства, похожие на круглые столики. Там всего за несколько десятков секунд, много — за пару минут, они нагревались до нужной температуры. Кузнец в чистом белом халате брал раскаленную заготовку и подкладывал ее под пуансон прессы, а еще через несколько секунд вынимал готовое изделие.

Преимущества электронагревательных устройств для нагрева не-

больших заготовок чрезвычайно велики. Они прямо-таки преобразуют вид кузнечного цеха, повышают качество изделий, производительность труда, его культуру.

Прокатные станы устроены и работают примерно так же, как блюминг. Разница в том, что они меньше размером да валки их имеют вырезы того профиля, который выпускает стан.

Но, наверное, мало кто знает, как работают трубопрокатный стан и стан для проката валов переменного профиля.

Валки трубопрокатного стана имеют сложную форму и расположены наискось друг к другу, их оси скрещиваются. Они вращаются в одну и ту же сторону, вынуждая попадающую между ними заготовку вращаться в обратную сторону и двигаться вперед. В момент прохождения между валками под действием внешних сил в заготовке возникают напряжения разрывающего металла и создают отверстие. Оно имеет неровные, шероховатые стенки. Чтобы выровнять их, имеется специальная пробка, одетая на длинный стержень. Она вводится в отверстие полученной трубы. Потом труба проходит еще дополнительную правку.

Обычно таким способом изготавливают трубы не менее 65—70 мм диаметром.

Валы переменного профиля, имеющие более толстые и суженные части, прокатываются на трехвалковых прокатных станах. Валки (их оси также скрещиваются) имеют концы в форме шляпки гриба. С помощью гидросистемы шляпки эти могут расходиться и, наоборот, сближаться. Заготовку, проходящую сквозь эти валки, непрерывно тянет вперед специальное устройство. Сходясь и расходясь, валки изменяют диаметр детали.

Прокатка деталей переменного профиля — одно из прогрессивных технологических решений последних лет. Только переход изготовления задних полуосей автомобиля «Москвич» сковки на такую прокатку позволил сэкономить за год количество металла, которого достаточно на изготовление 200 автомобилей.

Валы переменного профиля — очень распространенная деталь современных машин. Поэтому новый способ их изготовления, прокаткой, находит все более широкое применение. Разработан этот способ группой советских ученых под руководством члена-корреспондента Академии наук СССР А. И. Целикова.

Среди продукции прокатных станов есть и проволока. Прокаткой можно изготовить проволоку не тоньше 8—9 мм. Более тонкая проволока получается волочением.

Это очень древний и очень простой процесс. Проволоку, получен-

ную на прокатном стане, протягивают через отверстие — очко — меньшего диаметра, чем у протягиваемой проволоки. Неумолимо крутится катушка, звенит от напряжения протягиваемая через очко проволока. У нее блестящая, ровная поверхность, ее диаметр с точностью до сотых долей миллиметра соответствует заданному.

Не только круглую проволоку, но и другие профили можно получить волочением — тонкостенные трубы, прямоугольники и т. д.

Волочением можно получить проволоку диаметром менее 0,01 мм и трубы с толщиной стенок менее 0,1 мм. Каким еще способом можно получить такие изделия?!

...На московском заводе «Серп и молот» я часами наблюдал за удивительно красивой работой мастеров у прокатного стана.

Вот из нагревательной печи поступила раскаленная болванка. Ее подхватывают клещи, мгновение — и она уже между неумолимыми валками. Из кургузой она становится продолговатой. И снова умелые и точные клещи схватывают ее и бросают в железные челюсти стана. Еще и еще. И вот уже огненная змея бежит мимо рабочего. Она течет и течет из валков, конец ее скрывается под чугунными плитами пола. Несколько мгновений она блуждает где-то в подземелье и снова возвращается наружу. Огненный змей грозно бежит к рабочему, словно готовясь ударить, оплести пламенным объятием, сжечь.

Но рабочий спокоен. Голову змея снова плющат валки, и снова он возвращается из подземелья. Уже два огненных потока двумя петлями обегают прокатчика. Но он уверен в своих силах и спокоен.

Инженеры из этого цеха что-то говорили мне об устаревшей технологии, о новых механизмах, которые вот-вот должны ввести и которые сделают ненужным этот прекрасный, но тяжелый физический труд. И это, конечно, так. Но для меня рабочий, у клетки прокатного стана ожидающий внимательно, но совершенно спокойно огненную змею, готовящуюся ужалить, стал как бы символом власти человека над металлом.

В КУЗНИЦЕ

Свободнаяковка — не только один из видов обработки металлов давлением, это еще и самый древний способ. Ему, наверное, не меньше десяти тысяч лет. Ведь на самородки золота и серебра, на куски метеорного железа человек переносил тот же, известный ему уже метод обра-

ботки материалов — удары камнем. Слитки металлов изменяли свою форму — это и былаковка.

В течение многих веков буквально у всех народов профессия кузнеца была священной. У древних греков даже один из богов, Гефест, профессионально занимался кузнечным делом. Аналогичный бог по имени Сварог был и у наших предков до того, как они приняли христианство. И, видимо, в течение многих веков почти не изменялась эта профессия. Правда, кузнецы перестали заниматься выплавкой металлов из руд, правда, работу с драгоценными металлами они уступили ювелирам. Когда-то и то и другое входило в их обязанности. Но что касается собственноковки, то и сегодня кузнец, занимающийся ручной ковкой, работает почти так же, как и сто лет, и тысячу лет назад.

Конечно, развитие техники предъявило свой счет и кузнецам. От них потребовались поковки весом в десятки, а то и в пару сотен тонн. Конечно, самые сильные молотобойцы не откуют вала корабельного винта или крупной гидравлической турбины. Так в кузницу пришли различные молоты — пневматические, паровоздушные, гидравлические прессы. Когда-то отличным работником считался молотобоец, способный работать с пудовой кувалдой. «Кувалда» — вес падающих частей пневматического молота — превосходит иной раз 1000 кг, а давление гидравлического прессы составляет нередко даже несколько десятков тысяч тонн. Пришли в кузницу на смену примитивному горну пламенные и электрические печи. Клещи при обращении с крупными заготовками на ряде заводов заменил кузнечный манипулятор — удивительная машина, в тысячи крат усилившая руки кузнеца.

И все-таки свободнаяковка принципиально не изменилась. Но...

Вспомним литье. Оно немногим моложековки, но сколько принципиально новых способов литья пришло на заводы в самые последние годы, хотя основной метод — литье в землю — тоже не претерпел принципиальных изменений.

Вот такие же принципиально новые методы возникли и в кузнечном цехе.

Как ведется свободнаяковка? Вот кузнец положил холодные заготовки в белую от жара сердцевину горна и подбросил кокса. Молотобоец поплевал на руки и взялся за ручку кувалды. Выждав соответствующую паузу, чтобы нагрелась заготовка, он достал ее клещами и быстро положил на наковальню. Теперь металл в его власти.

Хотите, он сделает из длинного прутка приземистый бочонок? Он ставит заготовку на торец. Удар молота и удар кувалды. Еще и еще. Ударяя молоточком по заготовке, кузнец показывает молотобойцу, куда и какой силы нанести удар. И вот заготовка осажена. Она стала короче и раздалась вширь.

Пробить в заготовке отверстие? Нет ничего проще. Он кладет заго-

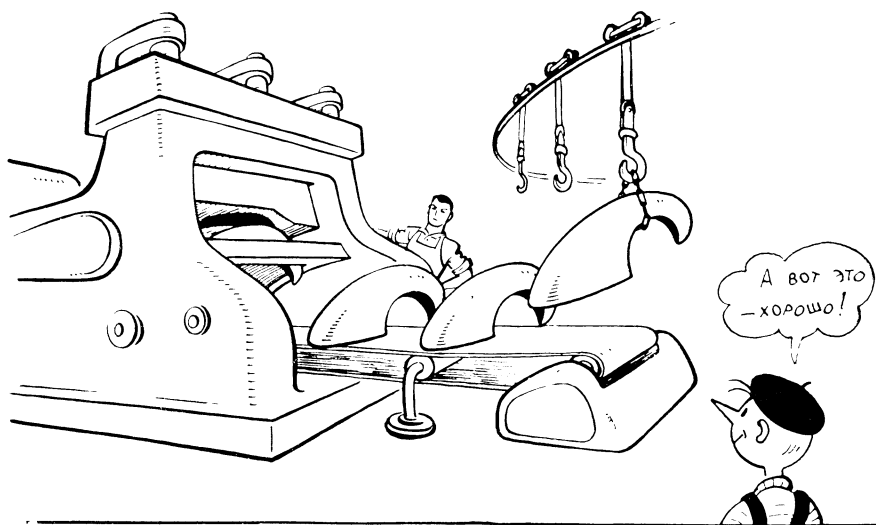


Старик Гефест и сегодня мог бы работать во многих кузницах.

товку на отверстие в наковальне и устанавливает прошивень. Несколько ударов кувалдой, и отверстие прошито — так говорят кузнецы. А выдра — выбитый из отверстия кусок металла — уже валяется на полу.

Разрубить заготовку? И это можно. Прошивень заменило зубило. Не такое, каким работают слесари, а с деревянной ручкой. И вот уже металл заготовки разрезан на две части.

Перейдем к машинной ковке. Здесь другие масштабы. Но принцип остался тот же: раскаленный металл изменяет свою форму под действием ударов.



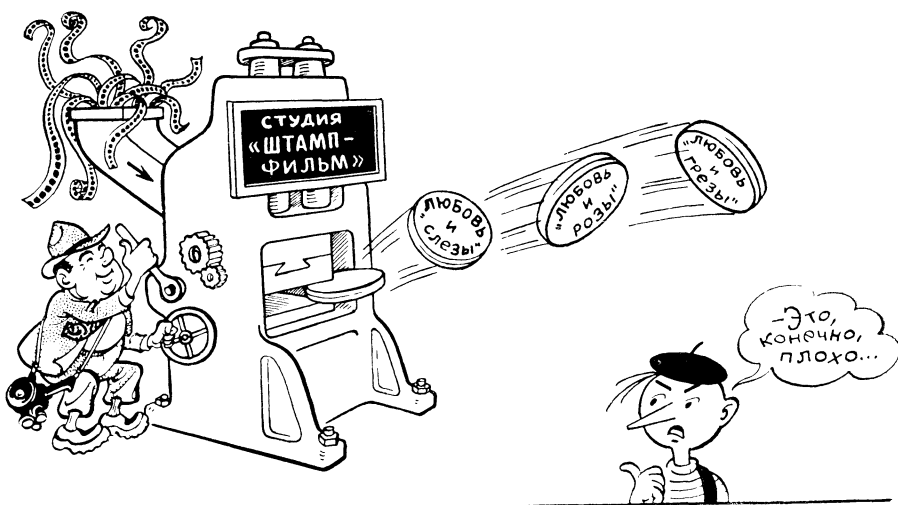
«Что такое хорошо...

Умелый кузнец прямо-таки чудеса может делать из металла, лежащего перед ним на наковальне или под паровоздушным молотом. И все-таки...

И все-таки кузнечная заготовка, полученная свободной ковкой, очень грубая. Она требует дальнейшей обработки. У нее неизбежно большие припуски. Их надо будет снимать на токарных и других станках. А это все — непроизводительный расход металла. Его не может возместить даже улучшение механических свойств изделия, которое происходит при ковке. И, как мы говорили, вокруг свободнойковки, как и вокруг литья в землю, появились родственные методы обработки, использующие тот же принцип: давление, удар по металлу.

Штамповка... Это слово полно оскорбительного смысла, когда его обращают к производству литературы или искусства, но оно обещает великую возможность массового дешевого производства, когда речь идет о промышленности.

Принцип штамповки прост. Из твердых и прочных сталей изготавливают штамп — точную форму будущего требующегося изделия. Его ставят под молот или пресс. В штамп кладут заготовку — лист или стержень металла. Ударяет молот, нажимает пресс, и из штампа выходит почти готовое изделие. Оно имеет чрезвычайно чистую поверхность, а размеры его выдержаны с точностью до пяти сотых миллиметра.



...и что такое плохо».

Штамповать можно холодный и горячий металл, за один удар или за несколько, когда заготовка переходит из одного штампа в другой и все ближе и ближе ее окончательная форма.

Процесс штамповки отличается высокой производительностью, его легко автоматизировать. Автоматизированные агрегаты горячей штамповки выпускают до 80 изделий в минуту, а холодно-высадочные автоматы — свыше 400 изделий в минуту, 24 тысячи изделий в час!

Огромные преимущества штамповки перед свободной ковкой определяют ее все большее распространение. Все более массивные детали начинают изготавливать штамповкой, и соответственно растут мощности штамповочных машин.

Уже приводилась эта цифра: вес кувалды молотобойца редко превосходил 16 кг. Вес подвижных частей молотов, применяемых при свободной ковке, не превосходит 10 тонн, да и то удары такого молота сотрясают здания чуть не всего завода. А штамповочные гидравлические прессы уже имеют мощность свыше 60 тысяч тонн! А проектируются и строятся прессы с усилием до 200 тысяч тонн! На таком прессе можно отштамповать сразу целое крыло самолета или кузов легковой автомашины.

Подсчитайте, насколько мощнее стальные мускулы этих прессов руки молотобойца, которую они заменили!

В большое семействоковки входит и прессование. При прессовании металл выдавливается через узкое отверстие и образует требующийся профиль. Прессованию в настоящее время подвергаются цветные металлы — алюминий, медь, цинк, олово, свинец и т. д. Для прессования стальных профилей заготовкой служит прокат.

Прессованием изготовляют точные профили, трубы, многие мелкие изделия. Точность и чистота их поверхностей значительно выше, чем при прокатке.

...Все держали хоть раз в руках очень распространенное изделие — тюрбик. В таких тюрбиках продают зубную пасту, вазелин, краски. Но мало кто знает, что эти тюрбики делают прессованием.

В форму закладывают слиток мягкого сплава. Пуансон стремительно ударяет по нему, и металл плотно заливает горловинку, одновременно выбрызгиваясь вдоль пуансона вверх. Тюрбик готов. Пуансон вывинчивает его из формы, специальное устройство освобождает его от пуансона, и тюрбик идет на машину, наполняющую его полужидким составом.

Таковы близкие родственникиковки, они же — ее главные соперники.

Действительно, штамповка может вытеснить — и, видимо, в ближайшее время вытеснит — свободнуюковку из всех отраслей производства, где кованые изделия нужны в большом количестве, изготовляются массовыми партиями. И это принесет огромную выгоду нашей стране, поднимет на высший уровень наше производство, резко повысит производительность труда.

Дорогу штамповке!

А свободнаяковка, удивительное древнее искусство, останется там, где кованые изделия нужны в единичном количестве.

Будет ли расти еще число методов обработки металлов давлением? По всей вероятности, да. Ибо кто осмелится сказать, что в этом направлении пройдены все пути и уже нельзя найти ничего нового, лучшего?..

ОГОНЬ СТАРИКА ГЕФЕСТА

Всеволод Гаршин, писатель большого трагического таланта, болезненно чуткого к страданиям людей, в рассказе «Художники» нарисовал страшную картину труда на металлическом заводе прошлого века.

« — Это, я вам скажу, адская работа. Человек садится в котел и держит заклепку изнутри клещами, что есть силы напирая в них грудью, а снаружи мастер колотит по заклепке молотком...

— Это же все равно, что по груди бить!..

— Все равно...»

И дальше:

«Вот он сидит передо мною в темном углу котла, скорчившийся в три погибели, одетый в лохмотья, задыхающийся от усталости человек. Его совсем не было бы видно, если бы не свет, проходящий сквозь круглые дыры, просверленные для заклепок. Кружки этого света пестрят его одежду и лицо, светятся золотыми пятнами на его лохмотьях, на всклокоченной и закопченной бороде и волосах, на багрово-красном лице, по которому струится пот, смешанный с грязью, на жилистых, надорванных руках и на измученной широкой и впалой груди. Постоянно повторяющийся страшный удар обрушивается на котел и заставляет несчастного глухаря напрягать все свои силы, чтобы удержаться в этой невероятной позе».

Но практически, вероятно, и не было возможности облегчить этот труд. Заклепочное соединение было единственным, обеспечивавшим герметичность. Ведь тогда еще не существовало сварки.

К. Э. Циолковский, разрабатывая свой проект цельнометаллического дирижабля, предусматривал пайку корпуса. Не мог же он предложить изготавливать шедевр техники, воздушный корабль, единственным известным тогда видом сварки — самым примитивным, доисторическим, имеющим самое ограниченное применение — кузнечной сваркой!

...В полутемной кузнице пылают горны. Вот кузнец в расстегнутой на груди холщовой рубаше и измазанном золой прожженном переднике выхватывает, разворошив угли, добела накалившую деталь. На нее подручный накладывает другую. Быстрые стремительные удары — и пластины сварены. Это — кузнечная сварка. Она применяется и сегодня.

Но наряду с ней развивалась и стала самостоятельной отраслью техники сварка, осуществляемая электрической дугой, пламенем горючего газа, теплом трения и т. д.

ИЗОБРЕТАТЕЛИ ЖЕЛЕЗНОГО ШИТЬЯ

Электросварка возникла в России. Одним из ее создателей был Николай Николаевич Бенардос. Он родился в 1842 году в семье, где наследственной профессией было военное дело. Однако Николай изменил семейным традициям. В 1862 году он поступает на медицинский факультет Киевского университета. Но не медицине, а беспокойной судьбе изобретателя была отдана его жизнь.

Он изобретает бесконечно много. Более ста изобретений было следовано им за сорок лет, начиная с 1865 года. Не многим удается приба-

вить столько к сокровищнице человеческого знания, опыта и умения. Однако самым крупным его изобретением был «электрогефест» — электродуговая сварка металлов.

Современником и продолжателем дела Бенардоса был Николай Гаврилович Славянов.

Главным в изобретениях Славянова было применение электрода из того металла, из которого состоят свариваемые предметы. Он назвал свое изобретение «способом электрической отливки металлов», и сварку он представлял как процесс заполнения подготовленных ванночек расплавляемым металлом электрода. Он ввел подогрев деталей для улучшения качества шва. Он широко ввел в сварку шлак.

В 1927 году инженер Д. А. Дульговский предложил сварку под слоем порошкообразных материалов. Это было продолжением мыслей Славянова.

Волшебная это вещь — электросварка! Сварщик держит в руках металлический стержень. В нем как будто ничего особенного. Но вот стержень приблизился к кромке свариваемого металла, и электрическое солнце запыхало под руками мастера. Чтобы не ослепить себя блеском этого солнца, чтобы не обжечь им лицо, сварщик надевает темные очки, заслоняется черным щитом. Но всего удивительнее результат: два куска металла сшивает ровная металлическая строчка, как игла умелой швеи соединяет два куска ткани.

Где только не увидишь сегодня этих металлических швов! И вагоны метро, и мосты, и подъемные краны, и металлические каркасы высотных зданий сшиты умелыми руками электросварщиков.

В электрической дуге, вспыхивающей на конце электрода, температура достигает 2400—2600 градусов. В ее пламени плавится металл стержня и изделия.

Расплавленный металл заполняет сварочную ванну — углубление, в котором и идет в соответствующий момент сварка. По мере перемещения дуги металл застывает, образуя шов. О том, как быстро идет расплавление металла, может дать представление такая цифра: нормальный электрод длиной в 450 мм расплавляется за 2 минуты. Шов высотой в 6 мм за минуту вытягивается на 12 см.

Ученые подсчитали, что для заклепочного соединения площадью в 56 кв. см, воспринимающего усилие в 62 тонны, надо поставить 11 заклепок. Для этого надо затратить 1,72 человеко-часа. А сварной шов той же площади, воспринимающий то же усилие, «стоит» всего 0,71 человеко-часа. Значит, даже простая ручная электросварка более чем в два раза повышает производительность труда, облегчает его, обеспечивает экономию металла.

Но электросварка не только заменяет клепку, она позволяет осуществлять такие работы, какие клепкой сделать невозможно.



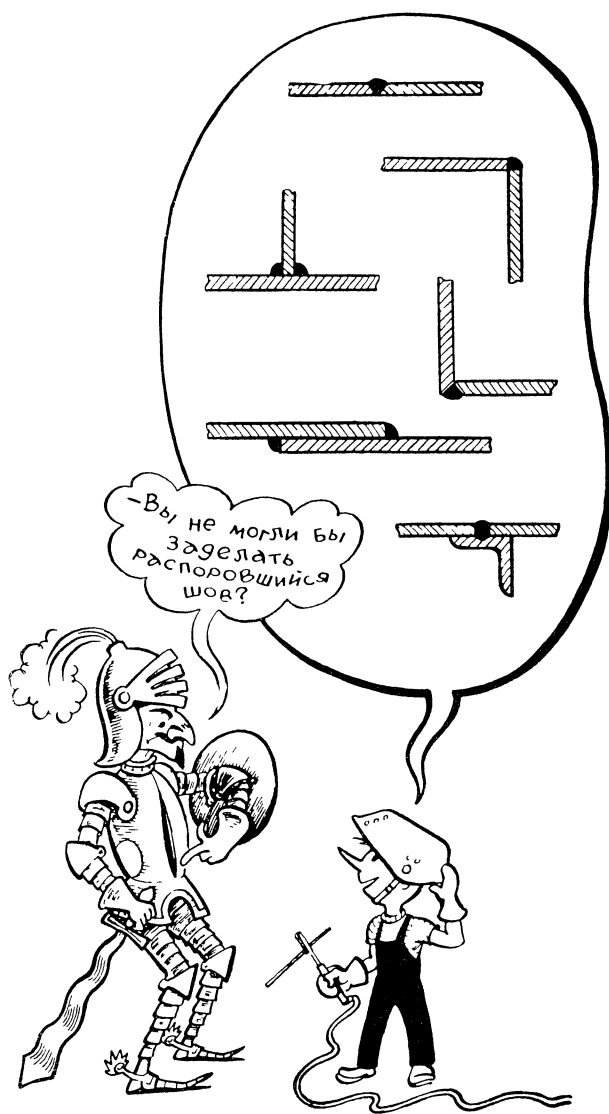
Да, этой палочки не было и у самого искусного из волшебников.

Как прикрепить, например, к одному листу в стык другой стальной лист, не применяя накладок? Это можно сделать только сваркой. А можно ли клепкой поставить заплату на пробойну в корпусе затонувшего судна? Нет, это может только сварка.

Да, целительная электрическая дуга пылает и под водой, создавая вокруг себя газо-паровой пузырь, постоянно срывающийся, взлетающий вверх зыбким хороводом мелких пузырьков, но устойчиво защищающий пламя и сварочную ванну.

Разработал методику подводной сварки советский ученый К. К. Хренов.

Очень высокое умение, поистине искусство требуется от сварщика. Чуть отдалил электрод — погасла электрическая дуга, прекратилось плавление металла. Приблизил — и снова погасает дуга, а приварив-



Их много, самых разнообразных видов сварного шва.

шийся к металлу электрод стоит скорбным памятником неумению и неловкости. И никакой силой уже не оторвешь этой «свечки», разве только отломить можно или отрезать другим электродом, направляемым более уверенной рукой. Не каждому и не сразу удастся наложить ровный, как серебряная струя, шов. И кажется, никакой механизм не сможет заменить в этом деле искусную руку человека.

Но есть автоматы, заменяющие ручную сварку. Мало того, они работают лучше, производительнее, точнее самых умелых сварщиков. Рождены эти автоматы в Институте электросварки имени Е. О. Патона под руководством ученого, именем которого назван институт.

Автоматы обычно ведут сварку под слоем флюса. Рабочий устанавливает соответствующий режим, и вот автомат уже двинулся по горизонтальному или даже вертикальному шву. Он посылает его слоем шлака, и под ним, плавящимся, спекающимся и прочно защищающим металл от атмосферного воздуха, а значит, от окисления,

возникает уже металлическая строчка шва. И возникает она в 10—15 раз быстрее, чем при ручной сварке.

Конечно, и ручная сварка не осталась без изменения. Появились электроды, обмазанные толстым слоем смеси разнообразнейших веществ. Одни из них в процессе сварки входят в металл шва и улучшают его качество, другие образуют корку защитного шлака. Возникла сварка в атмосфере инертных газов, обволакивающих расплавленный металл и препятствующих его окислению. Сварщики взяли в руки связки, составленные нередко даже из электродов разных металлов. И там, где швы на металле свиваются причудливым узором, где они состоят из многих отдельных участков, пока в основном применяется ручная сварка. А там, где нужны длинные прямые швы, например при изготовлении резервуаров для хранения нефтепродуктов, безраздельно господствуют автоматы.

Электрическая дуга позволяет сваривать стали, чугуны (с предварительным нагревом свариваемых деталей до температуры 550—650 градусов), медь, алюминий. Для каждого из этих металлов разработана своя четкая технология электродуговой сварки.

Электродуговая сварка — отнюдь не единственный вид сварки, осуществляемой электричеством. Не меньше в ряде случаев, чем дуговая сварка, распространена сварка контактная.

...Стальные листы поступили в какую-то машину. По существу здесь нужен двойной ряд заклепок, который накрепко соединил бы листы. Опускается верхняя часть станка, и пятьдесят медных пальцев касаются стали. Меньше минуты длится это прикосновение, и челюсти машины разомкнулись. Рабочий вынимает листы. Их уже не разнять: в пятидесяти точках их металл соединен сваркой. Это так называемая точечная контактная сварка.

По медным пальцам — электродам был пущен ток большой силы. Места контактов стремительно нагрелись, электроды нажали на листы, и они сварились.

Видите, как высока производительность такой сварки? Свыше 10 тысяч точек в час может сварить такая машина.

Существуют машины, создающие не ряд сваренных точек, а сплошной шов. Принцип действия этих машин не отличается от машин точечной сварки, но вместо пальцев-электродов они снабжены дисками. Между этими дисками и протягиваются свариваемые листы. Производительность таких машин очень велика — до 5—6 м шва в минуту.

Третьим видом контактной электросварки является сварка стыковая. Свариваемые детали устанавливают в специальные устройства, плотно прижимающие их друг к другу. К деталям подключают ток. Наибольшее сопротивление он встречает, само собой разумеется, в месте сопри-

косновения деталей. Металл разогревается, переходит в пластическое состояние, а затем сваривается.

В некоторых случаях электрическую искру заменяет пламя газа. Оно плавит и место сварки и присадочный материал.

В качестве источника газа обычно используется карбид кальция — тот же самый карбид, который рождает горючий газ ацетилен в шахтерских лампочках. Но может применяться для такой сварки и природный газ, и водород, и бензол и т. д.

Температура пламени, вырывающегося из газовой горелки, достигает 3 тысяч градусов. Одной рукой сварщик управляет горелкой, другой подает присадочный пруток. И в крохотном объемчике ванны под его руками рождается соединяющий детали стальной шов.

Одной из разновидностей такой сварки является газопрессовая. Особенно широкое применение она получила на строительстве дальних трубопроводов. При этой сварке трубы устанавливаются в стык, а это место нагревается газовым пламенем. Затем трубы прижимают друг к другу, и они свариваются.

Острым, как лезвие, пламенем газа можно не только сваривать, но и резать металл.

Совершенно особым видом сварки является сварка термитная.

...Прокладывается линия трамвая. Надо сварить рельсы в стык, чтобы не было между ними промежутков. И вот уже пришли на линию сварщики.

Нет с ними ни трансформатора для электрической сварки, ни газовых баллонов для газовой. Они надевают на соединение рельсов какой-то странный железный ящик, обмазанный внутри огнеупорной глиной, устанавливают над ним такую же воронку. В нее всыпают порошок, зажигают короткий фитиль, и... воронка мгновенно превращается в жерло миниатюрного вулкана. В ней клокочет жаркое пламя, бурлит лава. Это длится всего несколько секунд. А через полчаса рабочие разбирают свое устройство. Рельсы сварены напрочно. Осталось снять лишний металл, пригоревшие шлаки. И все.

Порошок, который рабочие подожгли в воронке, состоял из алюминия и окиси железа. Эта смесь называется термитом. При ее горении происходит стремительное окисление алюминия и выделение чистого железа. Так как температура при этом поднимается до 3 тысяч градусов — вот он, искусственный вулкан! — то вся смесь плавится. Окись алюминия всплывает шлаком, а железо стекает вниз, в железную форму, окружающую стык рельса. Оно сваривает нижнюю часть рельса, а головку его шлак нагревает до температуры размягчения. При сжатии рельсы свариваются.

А ведь по существу каждые два куска металла, положенные друг

на друга, должны свариваться. Ведь существует такое явление — диффузия, проникновение атомов одного вещества между атомами другого за счет теплового движения. В результате такого проникновения в месте стыка деталей они должны как бы сплавляться, растворяться друг в друге. Почему же этого не происходит? Вероятно, этому мешают пленки окислов, которые разъедают металлы, решили ученые. Но как же уничтожить разделяющее влияние этих окислов?

Ученые решили поместить свариваемые детали в вакуум — уж тут, где нет кислорода, пленка окисла расти не сможет. Для ускорения диффузии они с помощью токов индукции нагрели обе детали, причем температура нагрева была значительно ниже той, при которой идут все другие виды сварки. Через пару минут они извлекли детали. Не было ни брызг расплавленного металла, ни искр электрического пламени — ничего, что обычно сопровождает сварку. Но извлеченные детали оказались сваренными навечно. Когда посмотрели в микроскопе на шлифспая, увидели, что металлы как бы взаимно растворились друг в друге.

Новый способ сварки нашел себе сразу же широчайшее применение. Конечно, нецелесообразно сваривать в вакуумной камере фермы моста, а вот приварить к державке резца металлокерамическую пластинку крепче, чем этим способом, — невозможно.

Диффузионная сварка в вакууме позволяет соединять сталь с никелем, алюминий с медью, никель с железом. Причем этот вид сварки оказался одним из самых дешевых: не надо ни электродов, ни флюсов. Разработали этот метод сварки в нашей стране под руководством кандидата технических наук Н. Ф. Казакова.

В настоящее время имеется около 120 разновидностей сварки. Количество их, конечно, все растет. И, конечно, здесь невозможно рассказать обо всех. Но нельзя не упомянуть еще хотя бы о двух.

...В 1956 году молодой токарь А. И. Чудиков обтачивал стальную деталь. Шелестя, сбегала стружка, мерно рокотал мотор станка — было все, как обычно. И начинающий токарь не заметил легкого дымка пригоревшего масла, который вился над центром задней бабки станка. А когда он попытался снять обработанную деталь, это ему не удалось. Деталь приварилась к заднему центру.

А что, если попробовать этим методом сваривать детали? Очень удобно! Не надо ни электрического тока, ни баллонов с газом.

Изобретатель попробовал. Сначала у себя в мастерских, затем в лабораториях Всесоюзного института электросварочного оборудования. И в результате возник новый метод сварки.

Предположим, нам надо сварить два обрезка трубы. Вводим между ними кольцо, сдавливаем его между трубами и начинаем наше кольцо быстро вращать. От трения повышается температура стыков, металл

размягчается. Теперь надо быстро остановить кольцо и усилить давление на трубы.

Вероятно, этот вид сварки найдет еще себе довольно широкое применение в условиях строительства газопроводов, на заводах железобетонных изделий. Ведь шов, получаемый при этой сварке, имеет очень высокие качества, а затраты на нее примерно в 10 раз меньше, чем при электросварке.

Другим интересным новым методом является сварка ультразвуком. Да, да, электрическую искру и пламя газа можно заменить высокочастотными звуковыми колебаниями.

Это, пожалуй, единственный способ, которым можно сварить два тонких листка алюминиевой фольги: ведь их лепестки мгновенно завянут и сгорят в электрической дуге, их испарит огненное дыхание ацетиленового пламени, а незримый луч ультразвука не сделает им никаких неприятностей.

При сварке ультразвуком листы металла помещают под стержнем, соединенным с генератором ультразвука. В зоне действия ультразвука колеблющиеся частички металла начинают диффундировать друг в друга, смешиваться. Окисные пленки при этом исчезают. Металлы, хотя их температура поднялась лишь незначительно, как бы приобретают свойства пластичности и свариваются.

Ультразвуком можно сваривать не только в отдельных точках, но и создавая сплошной шов. В настоящее время максимальная толщина пластин, которые могут быть сварены этим способом, равна 1,5 мм. Самое интересное, что не только металлы, а и многие пластмассы могут свариваться на станках ультразвуковой сварки.

Ультразвуковая сварка длится меньше секунды, лишь в отдельных случаях этот процесс тянется «целых» шесть секунд. Но и это несравненно меньше, чем любой другой вид сварки.

Есть у ультразвуковой сварки и еще одно достоинство: она не требует тщательной очистки свариваемых поверхностей.

Такова сварка сегодня. Статоры мощнейших гидротурбин и автомобили «Волга», протянувшиеся на тысячекилометровые расстояния газопроводы и мосты — разве перечислишь все случаи ее применения, разве расскажешь о всех методах сварки?

Огненный шов в бесконечном числе случаев заменил непрочную пайку, он позволил осуществить такие работы, какие вообще были невозможны до ее появления.

У колыбели электросварки мы видим трех русских ученых — Петрова, Бенардоса, Славянова, но сегодняшнее широкое распространение



Ультразвук вместо искры.

электросварки обязано не только им. Множество людей — и выдающихся ученых, и талантливых рационализаторов — горением своей мысли, своим трудом сделали буквально вездесущим металлическое шитье.

Все ли свои секреты выдала сварка? Конечно, нет. Еще плохо, только в особых условиях, сваривается чугун. Крайне затруднительна сварка некоторых легированных сплавов, недостаточно производительна ручная сварка. А сколько разных загадок в этой отрасли техники, в микрометаллургии, — ибо в ванне расплавленного металла под электродами сварщика идет самый сложный металлургический процесс, — ждут решения! Ждут светлой мысли, которая найдет нехоженный путь, ведущий к высшему совершенству того или иного процесса, того или иного участка человеческого труда.

МЕТАЛЛ ПРОТИВ МЕТАЛЛА

Мы уже не раз отзывались о резании неместными словами.

И все же, несмотря на все недостатки, резание остается сейчас одним из главнейших способов обработки металла. На любом металлургическом, на любом станкостроительном заводе целые гигантские цеха заняты станками, осуществляющими резание металла. Их бесчисленное количество — разнообразнейших типов, размеров, назначений.

В семейство металлорежущих станков входят и гигантские карусельные, на вращающихся платформах которых может уместиться целый дачный домик. Резцы такого станка нелегко поднять в одиночку. Среди них и малютки — токарные станки часовых заводов величиной с ручную швейную машину и резцами, похожими на иглы. Токарные, винторезные, строгальные, сверлильные, револьверные, фрезерные, шлифовальные, протяжные станки — все они предназначены для обработки резанием.

Их объединяет то, что изменение формы обрабатываемого металла осуществляется снятием стружки. Это может быть совсем крохотная частичка металла, различимая только в микроскоп. Такие пылинки-стружки снимаются песчинками корунда при шлифовке. Это могут быть и куски металла в два пальца толщиной, вылетевшие из-под резца крупного строгального станка. Но все это — стружка. И основная тенденция развития обработки металлов резанием состоит в том, чтобы снять этой стружки как можно больше за один и тот же период времени.

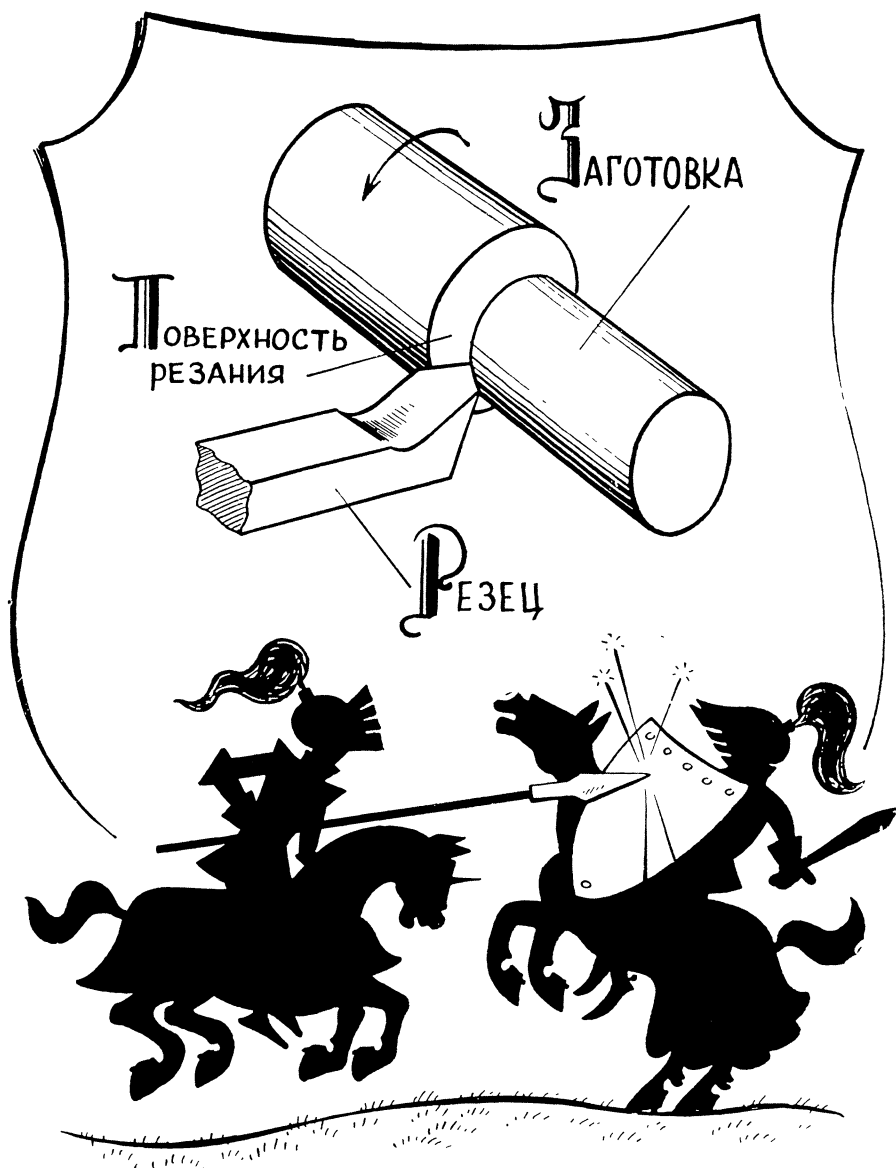
А что ограничивает эту скорость?

Стойкость резца. Ведь процесс резания — это борьба металла заготовки с металлом резца. Резец должен быть тверже заготовки, иначе его острую грань сомнет, изломает металл заготовки.

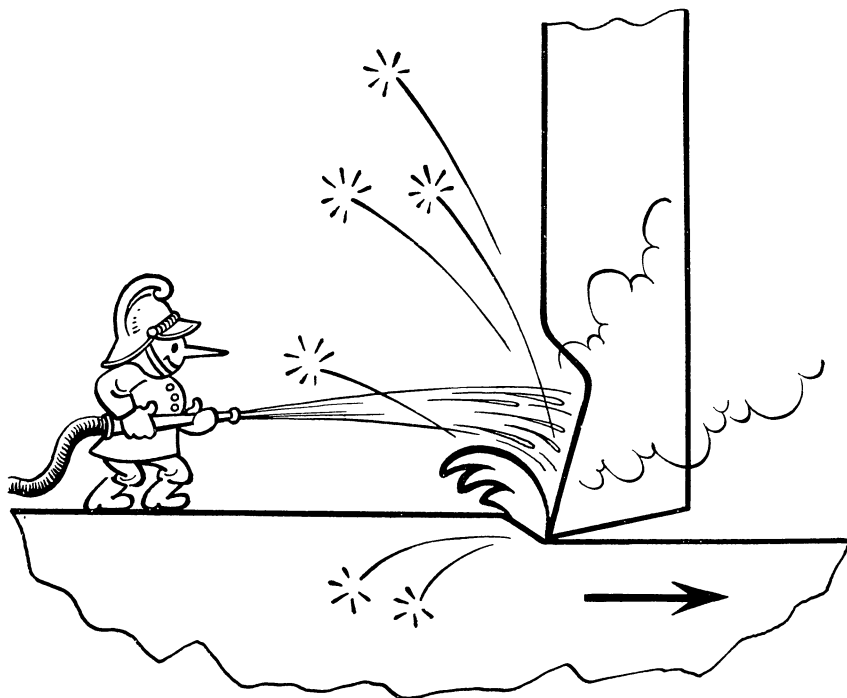
Подобрать сплав, более прочный, чем обрабатываемый металл, нетрудно. Издавна существует специальная группа инструментальных сталей, которые после закалки обладают достаточной твердостью, чтобы резать металл, но только сравнительно медленно.

Самый процесс резания, отрывания одних частиц металла от других, чрезвычайно сложен. Вокруг режущей грани резца металл рвется, течет, сминается, испытывает стремительно изменяющиеся напряжения. От трения выделяется большое количество тепла, нагревается заготовка, накаляется резец. Светлая поверхность стружки мгновенно темнеет, по ней пробегают цвета побежалости. Нельзя взять ее в руки — она обожжет, словно только что побывала в печи. Это вот тепло и не дает повысить скорость резания. Нагреваясь, металл резца теряет свою прочность.

Охлаждение — первое, что приходит в голову, когда встает вопрос борьбы с нагревом резца, и охлаждение широко применяют на металло-



Поединок металлов.



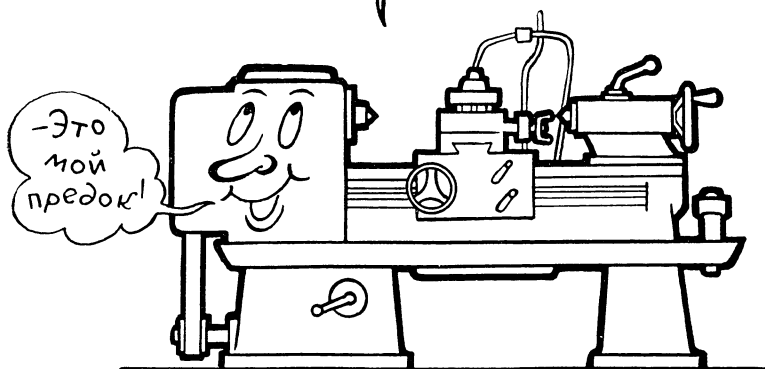
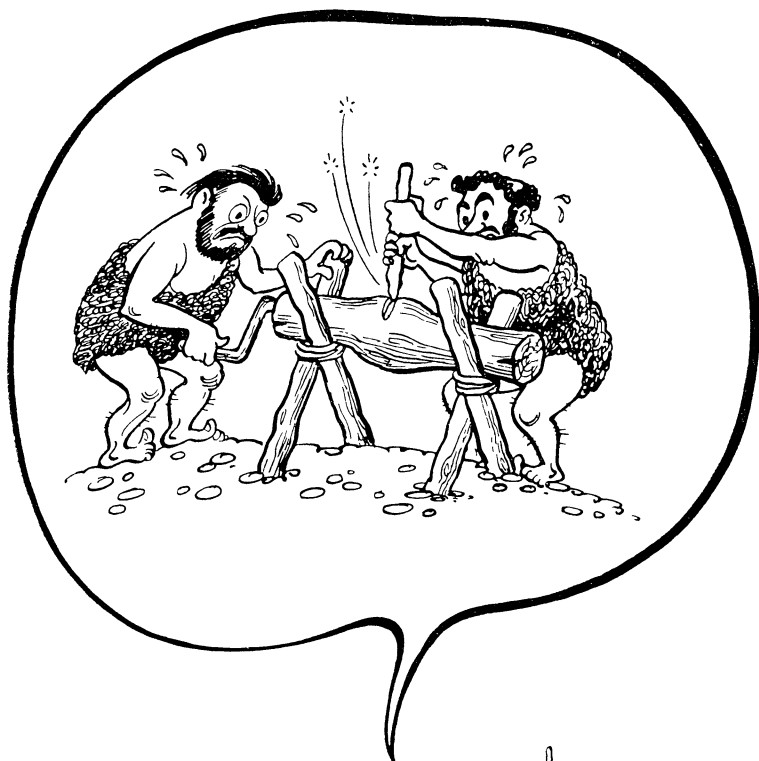
Жарко приходится в этой борьбе граням резца.

режущих станках. Двигается вдоль обрабатываемого валика резец, и вместе с ним движется струя охлаждающей жидкости. Она льется прямо на то место, где единоборствует с заготовкой резец и охлаждает его. Процентом на 25—40 удастся с помощью охлаждения поднять скорость резания.

Второй путь — изготовление резцов из такого материала, который выдерживал бы высокую температуру не размягчаясь. И техника в течение более полувека идет по этому пути.

До конца прошлого века металлорежущие инструменты изготавливали главным образом из простой углеродистой стали. Ее режущие свойства теряются уже при температуре в 225 градусов. Скорость резания резцами из такой стали не превышала 5 метров в минуту.

В начале нашего века был сделан первый качественный скачок — применены для изготовления резцов легированные стали, в состав которых входят хром, вольфрам, молибден и т. д. Режущая кромка резцов из этих сталей еще надежно работала при нагреве до 600—650 граду-



Но и это не предел эволюции.

сов. Их применение позволило значительно — в 4—5 раз — повысить скорости резания. Стали эти называть быстрорежущими: ведь скорость стекания стружки из-под резца поднялась до 30 м в секунду.

Следующий этап борьбы за скорость резания связан с применением твердых сплавов.

Еще в 1893 году был впервые получен карбид вольфрама. Ученые сразу же заинтересовались его удивительной твердостью — она приближалась к твердости алмаза. И, конечно, сразу же возникла мысль применить это сверхтвердое вещество для резания металла.

Но это оказалось не просто. Карбид вольфрама — вещество чрезвычайно хрупкое. Чтобы изготовить из него резец, пришлось пойти на хитрость. Порошок карбида вольфрама смешали с порошком металла кобальта, спрессовали эту смесь так, что получилась пластинка, которую можно было поставить в державку резца. Прокалили ее под давлением. И оказалось, что кобальт спаял между собой частицы карбида и хрупкость материала резко снизилась.

Такие материалы начали применяться в нашей стране около 1929 года, и стойкость резцов повысилась снова более чем в полтора раза. Ведь вольфрамо-кобальтовые резцы выдерживают нагрев до 900 градусов! Это позволило поднять скорость резания еще в 4—5 раз!

Казалось, на этом возможности металлов исчерпаны, и ученые обратились к керамическим материалам. К ближайшим родственникам глиняного горшка и кирпича. Ведь именно они обладают особенной теплостойкостью. Ведь именно из них делают внутреннюю облицовку доменных печей и своды мартенов.

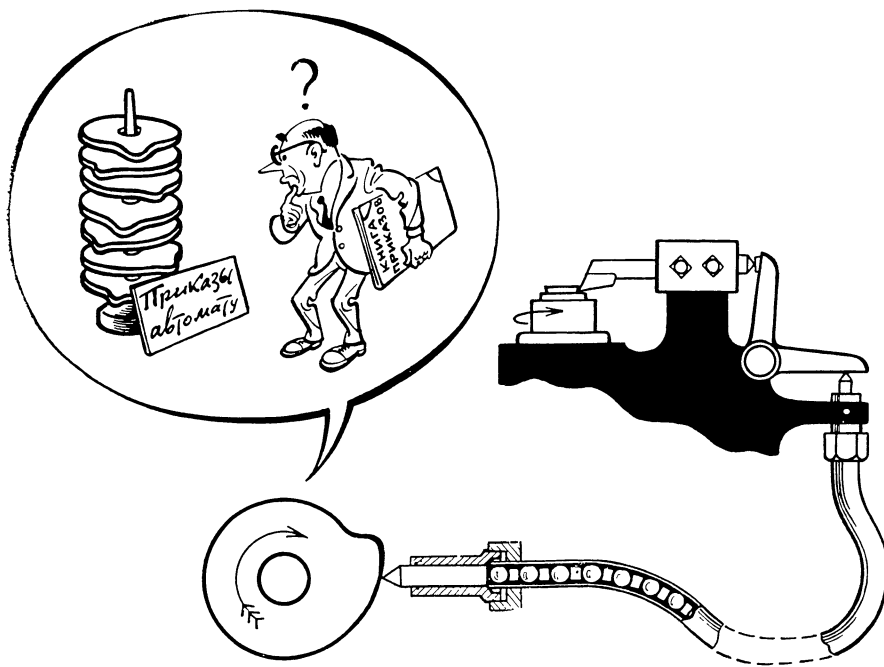
Конечно, и эта задача — применить керамические резцы — была нелегкой. Только около 1950 года пришли на производство первые металллические резцы. Их температурный потолок достигает 1200 градусов.

Основой состава керамических резцов является корунд — окись алюминия. Это самый твердый после алмаза материал. Высока и температура его плавления — 2050 градусов.

Применение керамических резцов позволило увеличить скорость резания до 1000 м в минуту. Таким образом, скорость резания выросла за полвека в 200 раз!

ИСКРА ВМЕСТО РЕЗЦА

Легенда рассказывает о встрече двух мудрецов древности — царицы Савской и царя Соломона. Испытывая догадливость друг друга, они загадывали хитроумные загадки. Так, царица передала однажды Соломону драгоценный камень, пронизанный извилистым ходом, запутанным, как лабиринт.



В этих дисках аккумулированы воля и мысль человека.

— Продень сквозь это отверстие нитку, о мудрый,— предложила она.

Соломон не растерялся. Он взял шелковичного червя и сунул в отверстие. Червь полз по ходу, повторяя все его повороты, а за ним тянулась шелковинка.

— Вот шелковая нить, продетая сквозь твой камень,— сказал Соломон, когда червяк вылез.

Наверное, если бы царица Савская задала Соломону задачу проделать такое отверстие, он, при всей его изобретательности, встал бы в тупик.

Это было бы нерешимой задачей и для инженера всего лет двадцать назад. Но сегодня проделать криволинейное отверстие даже в самом сверхтвердом сплаве не представляет труда. Конечно, оно не должно быть таким запутанным, чтобы в него нельзя было ввести твердый инструмент,— это все-таки и сегодня задача, не решаемая одной обработкой резанием.

Впрочем, задач, которые не может или только с огромным трудом может решить технолог, располагающий только металлорежущими станками, немало.

Как, например, просверлить в сверхтвердом сплаве отверстие диаметром в 0,02 мм? И как в пластине из закаленной инструментальной стали вырезать узкую щель в виде буквы «ж»?

Все это стало возможным в самые последние годы, после изобретения Б. Р. и Н. И. Лазаренко метода электроискровой обработки металла.

Супруги Лазаренко никогда не занимались металлообработкой. Они, наоборот, искали пути уменьшить пригорание контактов реле и других электрических переключателей. Дело в том, что поработавшие контакты реле часто становятся негодными. Обычно на одной пластине возникает выщерблина, раковина, на другой, наоборот, нарастает бугорок металла. Казалось, проскакивающая между контактами искра переносила частицы металла и наконец насобираала бугорок. Найти методы борьбы с этим вредным явлением и поставили своей задачей Лазаренко.

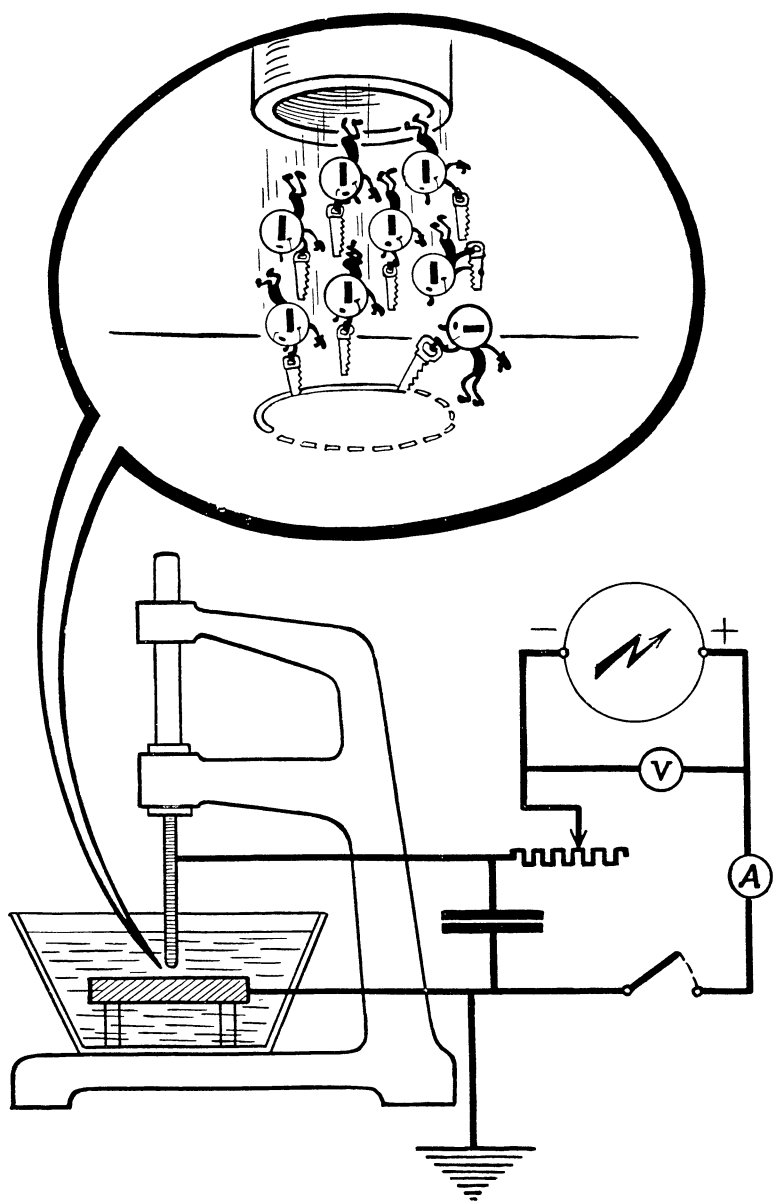
Исследуя явление, они убедились: да, это искра переносит металл. И тогда возникла идея: а что, если, наоборот, не уменьшить, а увеличить переносящую силу искры и использовать этот метод для обработки металла?

Сегодня станки электроискровой обработки можно найти на многих предприятиях. Вместо сверхтвердого резца у них вставлен инструмент из мягкой латуни. Но не он, а электрическая искра, вылетающая из него, обрабатывает здесь металл.

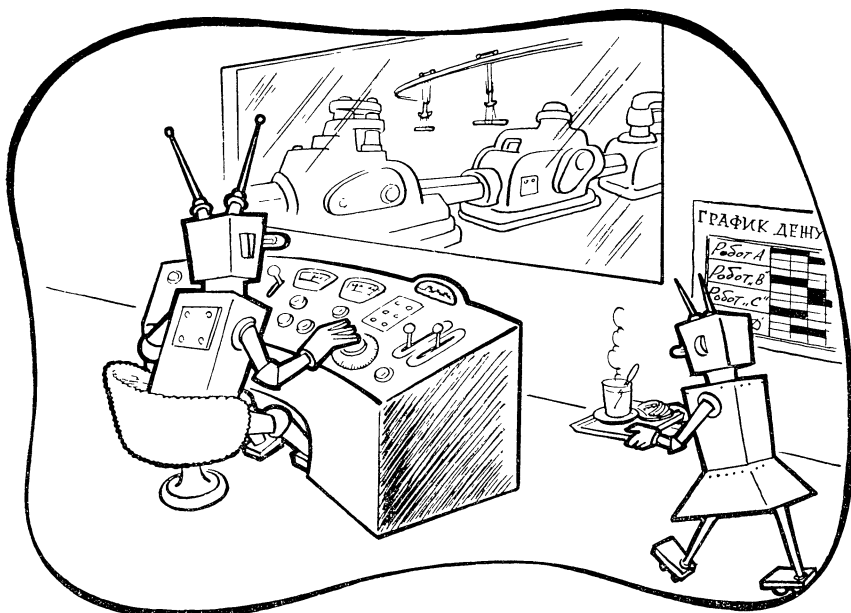
Заготовка изделия — безразлична ее твердость, предварительная термическая обработка — помещается в ванне с водой или другой не проводящей электрический ток жидкостью. К ней подсоединяют один из электродов довольно сложной электрической схемы станка. Второй элемент соединен с мягким латунным инструментом. Вот он начинает наклоняться над заготовкой, вот приблизился к ней. Замутилась вода около латунного лезвия. Началась прошивка отверстия.

Латунный резец не касается заготовки. Специальное устройство все время поддерживает его на таком расстоянии, чтобы непрерывно проскакивали искры. И по мере образования отверстия резец медленно опускается в него. Нет, он опускается совсем не медленно: ведь под ним сверхтвердая закаленная сталь, которую даже не поцарапало бы лучшее сверло. И все же в пластинке толщиной в 2 см всего за одну минуту мы проделали сквозное отверстие.

Латунный резец можно сделать любой формы и любого размера. Можно просверлить им отверстие диаметром в 5 микрон, в десять раз тоньше человеческого волоса, и вырезать паз любой, самой причудливой формы. Можно им «высверлить» и кривое отверстие. И, пожалуй,



Электроны вместо резца.



*На автоматических заводах будущего и дирекция будет автоматической
Но художник, конечно, не ручается, что директор будет выглядеть именно так.*

самое главное: этим способом можно обрабатывать любой самый твердый металл.

Конечно, у электроискровой обработки есть и недостатки. Она требует больших затрат электроэнергии, ее производительность на мягких металлах ниже, чем при обработке резанием.

Дальнейшим развитием электроискровой обработки является электроимпульсная.

Станки для обработки электроимпульсным методом внешне почти не отличаются от электроискровых. Изменена в них только электрическая схема. Однако производительность электроимпульсной обработки в 5—6 раз выше. Лучше обстоит дело и с расходом электроэнергии и с изнашиваемостью металла «резца».

А вот и еще один станок, в котором инструмент сделан не из сверхтвердого сплава, а из мягкого кровельного железа. Это станок для анодно-механической обработки.

Видели вы циркулярную пилу? Вот так же вращается и тонкий железный диск этого станка. Только у него нет зубцов, его обод гладкий, словно полированный. И все же в заготовке, которую режут этим удивительным диском, все углубляется и углубляется щель.

Секрет анодно-механической обработки прост. Один полюс источника тока подсоединен к диску, другой — к детали. Место их соприкосновения непрерывно поливается каким-либо электролитом — жидкостью, проводящей электрический ток. Поэтому ток постоянно течет сквозь зону резания.

Этот ток постоянно разъедает металл, образуя на поверхности тонкую пленку. Пленка соскабливается вращающимся диском, и снова обнажается металл. Происходит непрерывное электрохимическое разрушение детали. Вместе с тем имеет место и электроэрозионный процесс разрушения металла искрой.

На ряде заводов введение анодно-механической резки металла взамен механической повысило производительность труда в полтора с лишним раз. А стоимость анодно-механической резки почти в два раза ниже резки механической.

Еще проще электроконтактная обработка. Схема станка для нее такова же, что и при анодно-механической, но, во-первых, в этом случае используется не постоянный, а переменный ток, во-вторых, дело обходится без электролита. В месте соприкосновения диска и разрезаемого металла возникает очень высокая температура. Металл заготовки размягчается и выбрасывается металлом диска, который успевает охладиться.

Электроконтактная обработка применяется для резки проката и труб, для обработки шариков для подшипников.

Электричество может осуществлять не только грубые, но и самые тонкие отделочные операции. Оно может даже шлифовать.

Сущность этого процесса такова же, как и при анодно-механической обработке. Бруска из абразивного материала, с небольшой силой прикасаясь к обрабатываемой поверхности, снимают с нее пленку окисла, а электролит, сквозь который проходит ток, растворяет металл.

Производительность такой шлифовки в 5—6 раз выше других чисто механических способов, обеспечивающих ту же точность и чистоту поверхности.

Высокую чистоту поверхности можно получить и электрическим полированием. В этом случае изделие помещают в электролит и через него пропускают электрический ток. Интересно, что при этом растворение металла происходит в первую очередь с выступов на поверхности металла, так что в общем его поверхность становится очень чистой.

В речи на Всесоюзном совещании по энергетическому строительству в ноябре 1959 года Никита Сергеевич Хрущев сказал:

«Что такое электрификация всей страны? Это — основа основ развития народного хозяйства. Без осуществления электрификации нельзя на современном этапе успешно и быстро двигать вперед и тяжелую индустрию и строительство, транспорт и сельское хозяйство, производство товаров народного потребления, нельзя поднять культуру производства и быта. Электрифицировать всю страну — это значит дать могучую энергию новому обществу, ускорить развитие его производительных сил...»

Это полностью относится и к металлургии и к металлообработке.

И дело не только в том, что современный прокатный стан имеет вместо паровой машины электродвигатель. Дело в том еще, что только в электропечах можно выплавить сверхкачественную сталь для высокопрочного проката, что только электричество обеспечивает автоматизацию этого прокатного стана, что оно позволяет осуществить такую обработку деталей, сделанных из этой стали, какой иначе выполнить невозможно. И, самое главное, во всех этих случаях неизмеримо растет производительность человеческого труда.

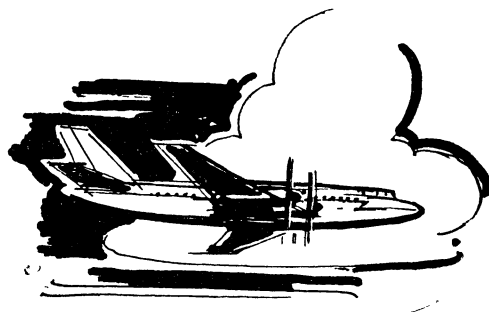
Только началось применение электрических способов обработки металла в цехах, где осуществляется его резание. Но уже в целом ряде случаев методы обработки, основывающиеся на применении электричества, конкурируют и превосходят механическое резание по всем показателям.

И, конечно, они будут завоевывать у механического резания все новые позиции, поднимая производство на новую, высшую ступень.





ҚРЫЛАТЫЕ МЕТАЛЛЫ



Впервые его получил в сравнительно чистом виде знаменитый датский ученый Эрстед в 1825 году. В 1854 году французский химик Сент-Клер Деви́ль разработал технологию получения этого металла, уже пригодную для промышленности. Но только метод русского ученого Н. Н. Бекетова, предложенный в 1865 году, стал достоянием заводской практики. Однако и позже будущий первый из крылатых металлов продолжал оставаться драгоценным.

Общедоступным сделало алюминий открытие способа его получения электролизом криолито-глиноземных расплавов. Это открытие одновременно в 1886 году на двух концах света, не зная о работах друг друга, сделали француз П. Эру и американец У. Холл.

Бесспорно, алюминий — металл XX века, металл скоростных автомобилей, стремительных самолетов, космических ракет. Но из глубокой

3 Li Литий 6,940	4 Be Бериллий 9,013	
11 Na Натрий 22,997	12 Mg Магний 24,32	13 Al Алюминий 26,97
19 K Калий 39,096	20 Ca Кальций 40,08	
37 Rb Рубидий 85,48	38 Sr Стронций 87,63	
55 Cs Цезий 132,91	56 Ba Барий 137,36	

древности приходят к нам легенды об этом таком вездесущем и таком непокорном, не дающемся в руки металлу.

Платон рассказывает, что древние атланты знали, кроме золота и серебра, еще один драгоценный металл. По краткому описанию его свойств он очень похож на алюминий. Конечно, можно только гадать, как могли люди, культура которых предшествовала критской и египетской, «учителя учителей», по выражению Валерия Брюсова, получать этот металл.

Древний историк Плиний рассказывает еще об одном интересном событии. Почти две тысячи лет назад к римскому императору Тиберию, который родился в 41 году до н. э., а умер в 37 году н. э., пришел неизвестный мастер. Он преподнес императору металлическую чашу, блестящую, как серебро, и чрезвычайно легкую. Мастер рассказал, что по-

лучил этот металл из глинистой земли. Тиберий из боязни, что будут обесценены новым металлом его запасы золота и серебра, отрубил изобретателю голову и разрушил его мастерскую.

Чем еще мог быть этот металл, блестящий, как серебро, чрезвычайно легкий, полученный из глинистой земли, как не алюминием? Впрочем, это всего лишь легенды...

Наш алюминий — **дитя электротехники**. Без электрического тока он не был бы получен в чистом виде и доныне: ведь калий, натрий и магний, с помощью которых его начали добывать, вытесняя из соединений, сами рождены электрическим током. И во всяком случае только электричество сделало алюминий общедоступным металлом промышленности.

Алюминий — **отец авиации**. Без алюминия не было бы сверхзвуковых скоростных самолетов и гигантских реактивных лайнеров. Он позволил превратить примитивные деревянные «этажерки» в гигантские стратосферные корабли. И это отнюдь не все из родственных связей, соединяющих алюминий с новейшими отраслями техники.

Алюминий полюбился человеку, не зря так стремительно растет его производство. Сто лет назад на всем земном шаре его годовая выработка измерялась килограммами. В 1897 году было получено уже около 4 тысяч тонн алюминия, в 1913 году — 66 500 тонн. В 1943 году эта цифра поднялась до 1949 тысяч тонн только в одних капиталистических странах. А сегодня добыча алюминия только в капиталистических странах приблизилась к трем миллионам тонн.

Несмотря на то что русские ученые внесли немалый вклад в разработку производства алюминия, промышленное получение его началось в нашей стране только после Великой Октябрьской революции. 27 марта 1929 года были получены первые 8 кг крылатого металла, а уже в августе 1929 года было вынесено решение правительства о строительстве Волховского и Днепровского алюминиевых заводов. В 1932 году вступил в строй первый из них, в 1933 году — второй.

В 1939 году был пущен крупнейший в Европе Уральский алюминиевый завод, но еще в 1937 году Советский Союз занял третье в мире и второе в Европе место по производству алюминия. И с тех пор производство алюминия все возрастает в нашей стране.

«За последние годы все большее значение приобретает алюминий, как металл разностороннего применения в промышленности и в строительстве, — отметил в докладе на XXI съезде КПСС Никита Сергеевич Хрущев. — Поэтому производство алюминия за семилетие предполагается увеличить в 2,8—3 раза. Для такого роста у нас имеется достаточная энергетическая и сырьевая база». У нас есть для этого роста и другое.

Великие преимущества социалистического строя обеспечивают про-

мышленности нашей страны значительно более быстрые темпы развития, чем при капитализме. Великий прыжок к коммунизму, осуществляемый за семилетие нашей страной, прыжок, который зарубежные журналисты называют «семиступенчатой ракетой, запущенной в будущее», позволит нам вплотную приблизиться по всем главным показателям развития народного хозяйства к самой развитой стране капиталистической половины мира — Соединенным Штатам Америки, с тем, чтобы в ближайшие за этим годы и обогнать ее.

Нет сомнения, что и по производству алюминия мы в ближайшее время обгоним США и прочно займем первое место в мире.

Алюминий был первым крылатым металлом. Но он далеко не единственный, имеющий право так называться. Уже пришел в авиационную промышленность магний. Все внимательнее приглядываются инженеры и к другим металлам. Вероятно, им также предстоит разделить с алюминием право сверхзвуковых полетов в ионосфере, честь космических прыжков к другим планетам. Им принадлежит будущее не только авиации, но и астронавтики.

НЕТ, НЕ БЕДНЫЙ РОДСТВЕННИК!

Алюминий занимает по распространенности в земной коре первое место среди металлов. После кислорода и кремния он является самым распространенным элементом. Земная кора содержит 7,45 процента алюминия. Академик А. Е. Ферсман насчитал около 250 минералов, содержащих алюминий.

Однако никто никогда не нашел на Земле ни одного даже самого крохотного слитка самородного алюминия. Из-за своей большой химической активности он встречается в природе только в виде соединений.

Почему же не окисляется, не сгорает мгновенно, как это происходит, например, с калием, кусочек чистого алюминия, попав на воздух?

Да, он сразу же начинает сгорать, окисляться. Его сверкающая поверхность тускнеет, покрывается матовым налетом. Но на этом и кончается процесс окисления. Образующаяся пленка окиси алюминия обладает большой прочностью. Как броней покрывает она нестойкий металл.

Стойкостью этой пленки и объясняется способность алюминия сопротивляться действию тех или иных агрессивных жидкостей. Концентрированная азотная кислота и органические кислоты бессильны разрушить ее, и поэтому на алюминий они не действуют. Едкие щелочи растворяют защитную пленку, и горе той домашней хозяйке, которая вздумает вскипятить в алюминиевом чайнике щелочь, — чайник придется сдать в утиль.

Технический алюминий, содержащий не более половины процента



Даже ливень из кислот не страшен ему!

страненной качественной углеродистой стали, содержащей около 0,3 процента углерода, равен примерно 45—50 кг на кв. мм, а удлинение — 20 процентам.

Алюминий обладает высокой электро- и теплопроводностью. В ряду металлов по этим свойствам он занимает третье место, сразу за медью. У технического алюминия электропроводность, в зависимости от чистоты, составляет примерно 65 процентов от электропроводности меди.

Нет, алюминий не бедный родственник, уступающий своим более счастливым соперникам — железу по прочности, меди по электропроводности. Надо поглубже разобраться в его свойствах.

примесей, плавится при 658 градусах, кипит при 2500 градусах. Почти в двухтысячеградусном диапазоне температур алюминий продолжает оставаться жидким.

Алюминий — легкий металл. Он почти в три раза легче железа. Его удельный вес — 2,7 (удельный вес стали — 7,8).

Алюминий — мягкий металл. Он легко поддается всем видам механической обработки: прокатке, резанию, волочению, ковке и т. д. Он непрочен — предел прочности литого технического алюминия равен 3—12 кг на кв. мм. Уже простая прокатка повышает прочность этого металла. Прокатанный алюминий выдерживает до 18—28 кг на кв. мм. Однако при этом резко снижается пластичность: у литого она равна 18—25, у прокатанного — 3—5 процентам.

Вспомним, что предел прочности широко распро-

Не будем говорить о сплавах алюминия, механические свойства которых приближаются к некоторым сортам мягкой стали. Посмотрим свойства простого прокатанного алюминия.

Изготовим из него круглый стержень, равный по длине и весу другому стержню, изготовленному из стали и имеющему в сечении 1 кв. мм. Очевидно, что алюминиевый стержень будет несколько толще стального, но на них пошли одинаковые по весу количества металла. Попробуем их прочность.

Стальной стержень-проволочка разорвется как только усилие превысит 40 кг. Это — прочность хорошей конструкционной углеродистой стали, из которой изготавливают болты, винты, фермы и т. д.

Начинаем разрывать алюминиевый стержень. Подвешиваем к нему 20-килограммовую гирьку — выдерживает. Добавляем еще 20 килограммов. Ого! Этого не выдерживала уже и наша сталь! И только когда вес груза перевалил за 60 кг, лопнул алюминиевый стерженек. Он оказался почти в полтора раза прочнее стального.

Значит, фермы из прокатанного алюминия, равные по прочностям стальным, будут в полтора раза легче. Значит, можно будет реже поставить быки-опоры, длиннее сделать пролеты, если из алюминия построить мост через реку. Значит, можно выше поднять шпиль телевизионной башни, если изготовить ее из алюминия. Значит, большим будет полезный вес состава из одинаковых по прочности со стальными алюминиевых вагонов.

Совсем не бедным родственником, а имеющим важное преимущество соперником оказывается алюминий при таком сравнении со сталью!

Если мы приведем такое же сравнение алюминиевых и медных проводов, мы убедимся, что и здесь алюминиевый провод равного сопротивления току с медным окажется более легким. Реже встанут опоры высоковольтной линии с алюминиевыми проводами, более легким окажется ротор мотора и генератора с алюминиевой обмоткой. И здесь — преимущество алюминия.

Эти преимущества и предопределили широчайшее применение алюминия. Важным его потребителем является электротехника. Кабели и шинопроводы, конденсаторы и выпрямители переменного тока, провода и приборы делаются из алюминия.

Из рафинированного алюминия можно прокатать фольгу тоньше папиросной бумаги, вытянуть проволоку тоньше паутинки. Кстати, и такая проволока и такая фольга находят важнейшее применение в радиотехнике.

Высокая коррозионная стойкость алюминия позволяет широко использовать его в химической промышленности. Аппаратура для производства азотной кислоты, многих органических веществ, пищевых продуктов (включая и домашнюю посуду) — все это область алюминия.

Но главный потребитель алюминия — авиация. Подавляющее большинство современных самолетов во всех странах мира делается из алюминия.

Немало алюминиевых деталей и в современном автомобиле. Делают из алюминия автобусы, железнодорожные вагоны. Наверное, все видели алюминиевую мебель — легкую, прочную, изящную.

И чем дальше, тем большее применение будет находить чудесный металл. Единственное, что мешает ему вытеснить железо буквально из всех областей применения, — его еще высокая стоимость.

РОЖДЕНИЕ В МОЛНИИ

Металлургический завод, на котором получают чистый алюминий, очень непохож на своего собрата, производящего чугун и сталь. Здесь нет гигантских башен доменных печей, тяжелых мартенов, громоздкого блюминга. Не в пламени сгорающего кокса, а в горячей электролитной ванне, пронизанной потоками электрического тока, достаточными, чтобы породить молнию, рождается чистый металл. Но здесь, в этой электролитической ванне, сходятся, как и в домне, многие технологические линии.

Одна из этих линий — производство чистого глинозема, чистой окиси алюминия.

Не многие из двухсот пятидесяти содержащих алюминий горных пород могут служить рудой для получения глинозема. Одни из них содержат глинозем в такой форме, что извлечь его слишком трудно, в других глинозема просто мало, третьи сами встречаются слишком редко или в небольших количествах. Поэтому наиболее часто используются бокситы.

В состав бокситов входят, кроме соединений алюминия, также соединения железа, титана, кремния и т. д. Внешне эта руда алюминия представляет глиноподобную или каменистую породу. Общие разведанные запасы ее определяются более чем миллиардом тонн. Больше всего бокситов найдено в Европе, меньше — в Африке, еще меньше — в Америке и Азии.

Богата залежами бокситов и наша страна. Они имеются в Ленинградской области (близ города Тихвина), на Северном Урале, на Южном Урале, в Красноярском крае и т. д.

Неспециалист не скажет, если перед ним положить на стол два куска бокситов, но один из-под Тихвина, а другой из южноуральского месторождения, что это одна и та же горная порода. Да и в пределах одного месторождения бокситы внешне могут очень отличаться друг от друга. Так, тихвинские бокситы встречаются всех цветов — от белого до крас-

ного и фиолетового. Непостоянен и их удельный вес. И, конечно, непостоянен химический состав.

Обычно в бокситах содержится от 50 до 60 процентов глинозема. Впрочем, в лучшем случае эта цифра может быть и значительно выше.

Глинозем... Когда мы произносим это слово возникает представление о чем-то грязно-землистом, сером, аморфном. Но это неверно. Ведь одной из разновидностей бокситов является корунд. Это очень твердый кристаллический минерал. Только алмаз тверже корунда, поэтому корундовые круги применяются для заточки инструмента, а мелкий корундовый порошок — для шлифовки. Это далеко не аморфная глина!

Корунд не всегда имеет и грязно-серый цвет. Драгоценнейшие камни — красный, как пламя, рубин, синий, как морская вода, сапфир, желтый, как кошачий глаз, топаз, фиолетовый «восточный» аметист, зеленый «восточный» изумруд — все это окись алюминия, глинозем, корунд, содержащие в себе неуволимо малые примеси других металлов, создающих их волшебную окраску. Но каждый из этих дивных самоцветов может служить рудой в производстве алюминия.

Вот, оказывается, каких родственников имеет обычный глинозем — безводная окись алюминия, которую надо получить из бокситов!

Есть много способов получения глинозема. Наиболее часто применяется так называемый щелочный метод. Вот он.

Тяжелые самосвалы выгрузили каменистые глыбы боксита в приемный бункер щековой дробилки. Куски величиной до 40—60 см в поперечнике она разгрызает до размера обычного булыжника. Но и этого еще недостаточно. Эти куски руды поступают в конусные дробилки, из которых руда попадает в шаровые мельницы. И только теперь частицы руды поступают в автоклавы для выщелачивания.

Автоклавы — это высотой с трехэтажный дом стальные цилиндры, способные выдержать большое внутреннее давление. Ведь порошок боксита, который загружают в автоклав и заливают щелочью, лучше всего отдает в раствор соединение алюминия при температуре в добрых пару сотен градусов и давлении не менее десятка атмосфер. И несколько часов бурлит автоклав (пульпу в нем непрерывно перемешивают струей пара, проходящего сквозь всю ее толщу), пока длится процесс «варки» боксита.

Химическая суть этого процесса довольно сложна. Со щелочью вступает в реакцию не только окись алюминия, но и другие вещества, входящие в состав боксита, — кремнезем, окислы титана, ванадия и т. д. Некоторые из образовавшихся веществ вступают в реакции между собой. Однако большая часть получающихся в конечном результате веществ остается в твердом осадке. В растворе же концентрируется соединение

алюминия, загрязненное некоторым количеством соединений кремния, фосфора, хрома и т. д.

Скажем сразу: процесс выщелачивания — сложный, тонко регулируемый процесс. На его ход оказывают влияние и состав боксита, и концентрация щелочного раствора, и продолжительность его, и температура, и давление в автоклаве. Кроме того, далеко не всегда весь процесс выщелачивания идет в одном автоклаве. Чаше этот процесс делают непрерывным, соединяя ряд автоклавов друг с другом. Это повышает производительность процесса. Но во всех случаях, чтобы добиться извлечения не менее 85 процентов глинозема из бокситов, нужно высочайшее умение инженеров.

Из варочного автоклава пульпа давлением пара выгружается в саомоиспаритель. Давление резко падает, и начинается бурное кипение жидкости. Когда оно прекращается, пульпа направляется на разбавление. Разбавляют пульпу водой, которой перед этим промывали твердый остаток — так называемый красный шлам.

После разбавления алюминатный раствор отделяется от твердого шлама. Для того чтобы мелкие твердые частицы быстрее отделялись от жидкости, в пульпу добавляют так называемые коагулянты — вещества, способствующие слипанию отдельных твердых частиц в крупные хлопья. В качестве такого коагулянта нередко используют обыкновенную ржаную муку. Затем алюминатный раствор фильтруют и направляют на разложение. Твердый остаток после промывки водой для извлечения последних капель раствора вывозят на свалку.

Разложение алюминатных растворов — также очень сложная и тонкая операция. Осуществляется она в гигантских цилиндрических резервуарах, снабженных мешалками, — так называемых декомпозиерах. Раствор, имеющий вначале температуру около 60 градусов, постепенно перетекает по системе сифонов из одного резервуара в другой. В ходе процесса в растворсыпают кристаллы гидроокиси алюминия. Они становятся центрами кристаллизации. Длится этот процесс, называемый технологиями выкручиванием, трое-четверо суток.

Конечно, далеко не весь алюминий уходит из раствора. Почти половина его остается в жидкости. Но он не пропадает. Ведь эта жидкость после отделения от нее выделившейся гидроокиси алюминия возвращается в автоклавы для выщелачивания. Так она и циркулирует непрерывно, растворяя в автоклавах глинозем и выделяя его в твердом виде в декомпозиере.

Последней операцией получения чистого глинозема является кальцинация — обезвоживание полученного вещества. Осуществляется она в гигантских — метров в 50—75 длиной и метра 1,5—2 диаметром — барабанных вращающихся печах. В поднятый конец этой печи-трубы вводится гидроокись алюминия. Она медленно передвигается по наклону

печи вниз, навстречу жаркому пламени мазутных или газовых горелок. В процессе нагревания и прокаливания до температуры в 1250 градусов большая часть гидроокиси превращается в безводную окись алюминия, тот самый корунд, из которого состоят рубины и топазы.

Безводный глинозем — термически стойкий окисел. Температура его плавления равна 2050 градусам. Не просто получить такую температуру в электролизной ванне. И, вероятно, если бы не нашли обходного способа получения алюминия, кроме прямого электролиза расплавленного глинозема, этот металл и сегодня оставался бы драгоценным.

Но способ был найден. Нашли вещество, в котором глинозем хорошо растворяется, и этот-то раствор и подвергают электролизу.

Это вещество называется криолит.

Криолит также является соединением, содержащим в своем составе алюминий. Кроме этого металла, в нем содержатся еще натрий и фтор. Единственное крупное месторождение этого минерала находится в холодной Гренландии. Его внешний вид символичен: он напоминает лед. Кусок криолита, положенный в стакан с водой, почти невидим. Аборигены Гренландии считали долгое время криолит льдом, спрессованным до такой степени, что его уже нельзя растопить. Впрочем, отдельные куски криолита могут иметь снежно-белый, розоватый или даже черный — в зависимости от примесей — цвет.

Криолит встречается в нашей стране на Урале, но его очень мало. Поэтому и криолит приходится готовить искусственно.

Сырьем для производства криолита служит плавиковый шпат. Эта горная порода встречается значительно чаще. В Советском Союзе, в частности, большие запасы плавикового шпата имеются в Забайкалье и Средней Азии. Скажем сразу: получение криолита — не менее сложный и тонкий процесс, чем получение глинозема. Как и тот, он начинается с обогащения и последующего измельчения плавикового шпата, в состав которого входят кальций и фтор.

Размельченный в тонкий порошок плавиковый шпат смешивают в специальных дозаторах с концентрированной серной кислотой, и эту смесь направляют в реакционную печь. Это клепанный из котельного железа, герметически закрытый вращающийся барабан. Смесь шпата и кислоты реагирует в нем при температуре около 130 градусов. В результате реакции получается чрезвычайно ядовитый газ — фтористый водород и гипс. Газ выводится через специальный патрубок и по свинцовым трубам идет на очистку, а гипс снежики выбрасывают из печи.

После очистки фтористый водород растворяют в воде. Производят это в свинцовых башнях. Фтористая кислота разъедает даже стекло — именно с помощью этого вещества вытраивают на нем надписи и

рисунки. Свинец — один из немногих материалов, против которых она бессильна, поэтому из него и делают башни. Растворение фтористого водорода в воде сопровождается выделением тепла, а в результате образуется плавиковая кислота.

Полученную плавиковую кислоту очищают от примесей и производят «варку» криолита. Для этого в нее добавляют ту самую гидроокись алюминия, что была получена при «выкручивании» алюминатных растворов, и соду. В результате ряда последовательных реакций и образуется выпадающий в виде осадка криолит.

Это осуществляется в железных чанах, футерованных угольными плитками и снабженных мешалками. В них непрерывно подают пульпу, содержащую гидроокись алюминия и раствор соды. Тщательно соблюдается необходимая дозировка.

Затем криолитовую пульпу сгущают, отделяют в фильтрах от жидкости твердые частицы криолита, и высушивают их в сушильных барабанах при температуре в 130—140 градусов.

Вот каким сложным путем получается похожий на гренландский натающий лед искусственный криолит. Это с ним встречается глинозем в электролитической ванне.

Третий участник этой встречи — угольный электрод.

Нехитрая, кажется, вещь эти цилиндрические и прямоугольные угольные плиты, спускающиеся в ванну с криолито-глиноземным расплавом. А и их производство — сложный и деликатный процесс, которым занимаются специальные заводы. Ведь все, что входит в состав электрода, при его сгорании рано или поздно попадает в ванну и загрязняет получаемый металл. Поэтому должны быть очень чистыми исходные материалы. Они должны быть достаточно электропроводными, плотными, иметь значительную механическую прочность.

Не будем детально проходить всю цепочку технологических процессов, ведущих от исходных материалов — антрацита, нефтяного кокса, пекового кокса, каменноугольной смолы и т. д. к готовому электроду. Скажем лишь, что она включает в себя дробление исходных материалов, их прокаливание, размол, классификацию, строгую дозировку и смешивание, прессование и обжиг. И только пройдя все эти операции, приходит электрод в электролизный цех алюминиевого завода.

В настоящее время применяют аноды, самообжигающиеся в процессе работы. Но приготовление углеродистого материала для них — не проще.

В электролизном цехе стоят в ряд, одна рядом с другой огромные ванны. В них под коркой застывшего криолита в криолито-глиноземном

расплаве электрический ток буквально по атому отбирает алюминий. Он выделяется на дне ванны. Это дно (оно выложено угольными плитами, в которые вделаны залитые чугуном провода) служит катодом. Спускающиеся сверху угольные электроды являются анодами. На них непрерывно выделяется кислород, и они медленно сгорают.

Невелико напряжение тока, работающего в ванне, не более 5 вольт, но зато колоссальна его сила, достигающая у крупных ванн 15 000 тысяч ампер и даже больше. Гигантская электрическая река протекает сквозь расплав, вымывая из него атомы драгоценного металла и складывая их в одно место. Этой реки хватило бы на непрерывный плеск молний. И действительно, иногда электрическая река становится зримой: вокруг анода возникают искры, крохотные молнии. Это свидетельствует о нарушении правильного режима работы ванны.

Мы помним, что чистый глинозем плавится при температуре выше 2 тысяч градусов. Расплав в ванне имеет температуру всего около 950 градусов. Вот он, тот обходный путь, который делает алюминий общедоступным.

Конечно, общедоступность эта еще очень условна. Мы проследили уже, каким сложным путем пришли в электролизный цех основные материалы, без которых невозможно получение алюминия. Эта сложность удорожает металл, да к тому же и сам процесс электролиза не дешев: ведь для выработки 1 тонны алюминия надо затратить 17 500 киловатт-часов электроэнергии!

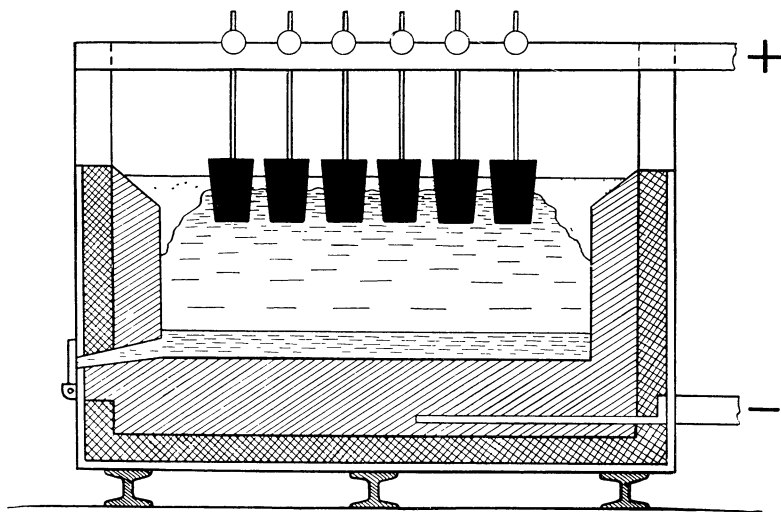
Очень много? Да, очень много. Но в первых конструкциях ванн, на заре советской алюминиевой промышленности, на тонну алюминия приходилось затрачивать целых 40 тысяч киловатт-часов. Увеличением размера ванн, уменьшением теплотерь, улучшением самой конструкции ванны снизили расход энергии более чем вдвое. И, конечно, он будет еще снижен.

Такое снижение вполне возможно. Теоретические расчеты показывают, что едва трети потребляемой энергии достаточно для выделения из расплава чистого алюминия. Остальные две трети — потери. Это потери и очевидные — с теплом, излучаемым ванной в окружающее пространство. Это потери и за счет скрытого от непосредственного наблюдения процесса растворения уже полученного чистого алюминия со дна ванны в плавающем над ним криолите. И, конечно, все эти потери еще можно уменьшить. Но главную статью в себестоимости алюминия составляет стоимость глинозема. Удешевление его производства тоже возможно как за счет частных усовершенствований, так и принципиальным изменением технологии.

Сегодня тонна «серебра из глины» стоит столько же, сколько сто лет назад стоил килограмм этого металла. Когда его стоимость снизится еще в десять раз, он повсюду вытеснит железо и его сплавы.

Но мы отвлеклись. Полученный в ванне алюминий еще надо извлечь, очистить от примесей.

Расплавленный металл из ванн извлекают или с помощью вакуумковшей, в которые по железной трубке засасывается металл, или с помощью специальных сифонов. За сутки ванна на 50 тысяч ампер вырабатывает примерно 360 кг алюминия. Металл извлекают из нее через каждые двое-трое суток.



Вот она, простейшая схема электролитической ванны

Ковш с алюминием сразу же ставят в специальную камеру, опускают в него трубку и прокачивают сквозь расплавленный металл хлор. Он уносит с собой большую часть механических примесей, собирающихся в виде рыхлого порошка на поверхности металла. Его снимают дырчатой ложкой, напоминающей шумовку, которой домашние хозяйки снимают пену с мясного супа. Затем металл направляют в рафинировочную печь. В ней смешивается алюминий из разных ванн, происходит усреднение состава, некоторая очистка. Затем металл разливают в изложницы разливочной машины.

Слитки, предназначенные для механической обработки, отливают методом полунепрерывного литья. При этом получается лучшая кристаллическая структура слитков.

Таков процесс рождения технического алюминия. Он еще содержит в среднем около 0,5 процента посторонних примесей — главным образом

железа и кремния. Дальнейшая очистка алюминия (а мы знаем, что сверхчистые металлы обладают совершенно особыми свойствами) осуществляется также электролитическим методом. Удаётся получить металл, содержащий не больше 0,002 процента примесей. Такой алюминий обладает повышенной электропроводностью, пластичностью и, что особенно важно, сверхвысокой антикоррозионной стойкостью. Из него изготавливают высокосортную фольгу, химическую и электрическую аппаратуру, им покрывают поверхности других металлов для защиты от коррозии.

Однако в подавляющем большинстве случаев алюминий применяется не в чистом виде, а в сплаве с другими металлами.

АЛЮМИНИЙ В СПЛАВАХ

Алюминий не сразу стал металлом авиации. Было время, тяжелая сталь спорила с легким алюминием за право называться крылатым металлом. Правда, это было уже давно, лет 35 тому назад.

На страницах газет тогда появились фотографии стальных самолетов. Их конструировал известный авиаконструктор А. И. Путилов. Они демонстрировались на международных выставках и получили там высокую оценку.

Действительно, они были не тяжелее алюминиевых, но значительно долговечнее: ведь изготавливались они из нержавеющей стали. А бывшие в те времена в распоряжении авиаконструкторов сплавы алюминия очень быстро окислялись.

Но сталь не выдержала соревнования с алюминием. Металлурги нашли способы повысить устойчивость сплавов алюминия против коррозии, и самолеты из этого металла оказались значительно более дешевыми, чем из нержавеющей стали.

Первым промышленным сплавом алюминия был дюралюминий, или, как часто говорят, дюраль. Название это происходит от французского слова «дур» — твердый.

Изобрел дюралюминий французский химик А. Вильм. Он искал добавки, которые могли бы повысить прочность алюминия. Наиболее удачные результаты, с его точки зрения, давали сплавы алюминия с 5 процентами меди, 1 процентом марганца и таким же количеством магния. Полученные из этого сплава образцы в отожженном состоянии обладала пределом прочности до 20 кг на кв. мм.

Но это было еще не все, что мог дать этот сплав. Вильм взял несколько образцов из этого сплава, нагрел их примерно до 600 градусов и

опустил в воду. Не закалится ли в результате такой термической обработки этот легкий сплав, как закаляется сталь? Тотчас же, достав из ванны с водой один из прошедших закалку образцов, ученый подверг его испытаниям на разрыв.

Да, оказалось, что предел прочности несколько вырос — образец порвало усилие только в 25 кг на кв. мм. Это уже неплохо — повышение прочности на 25 процентов. Но Вильм хотел большего. Ему нужны были сплавы, способные соперничать по прочности со сталью.

В течение нескольких дней он не возвращался в свою лабораторию. Прошедшие закалку образцы пылились на столе. Вернувшись к своим занятиям, Вильм в первую очередь взял их в руки.

Надо было исследовать их прочность. Для этого они, собственно, и предназначались. Вильм повел испытания. Странно! Первый же образец оказался чуть ли не вдвое прочнее испытанного неделю назад. Он разорвался только при нагрузке около 38 кг на кв. мм. Следующий выдержал 42 кг, третий — 41. Ошибки быть не могло.

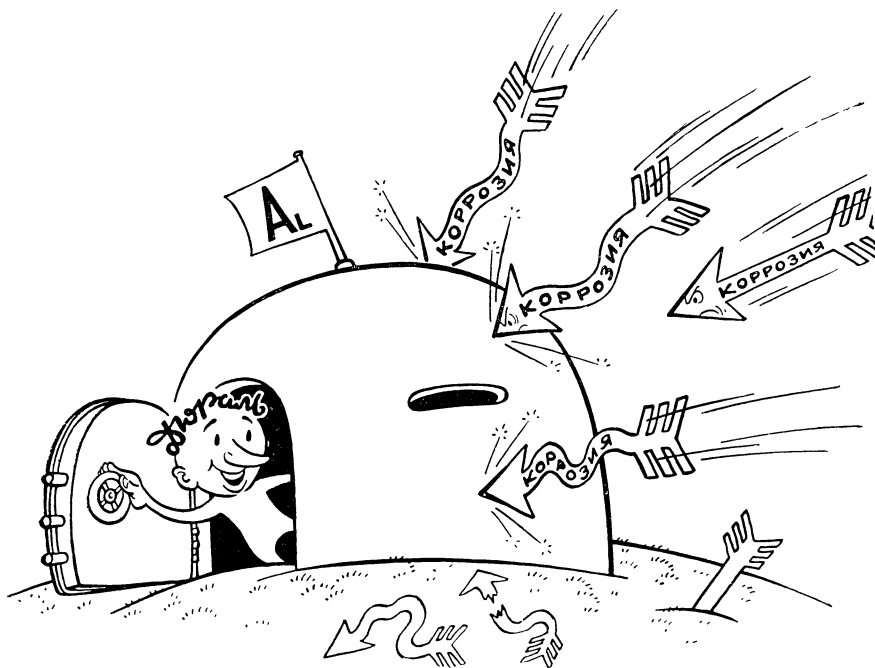
Так было открыто интереснейшее явление — старение алюминиевых сплавов после закалки.

Ученые внимательно изучили это явление. Оказалось, что после закалки сплавов алюминия с медью, цинком, магнием и т. д. в течение нескольких дней продолжается их упрочнение. И максимальную прочность в обычных условиях, то есть если старение протекает при комнатной температуре, они приобретают лишь на пятый-шестой день после закалки.

Что же происходит при этом в кристаллах сплава? Нелегко оказалось выяснить это. При высокой температуре в алюминии растворяется больше меди, чем при низкой. Поэтому, когда мы нагрели сплав, в нем растворилась медь. При быстром охлаждении — закалке — атомы меди не успели выделиться из кристаллической решетки, образовался пересыщенный твердый раствор. И было естественно предположить, что процесс старения состоит в выделении меди из раствора. Но ни металлографический, ни рентгеноструктурный анализ не показывали распада твердого раствора при сгорании.

Процесс оказался сложнее. В процессе старения происходит только подготовка атомов меди к выделению из раствора. Если в свежезакаленном сплаве они находились в случайных местах, то теперь они перестраиваются, занимая четко определенные места в кристаллической решетке. В результате возникают зоны повышенной концентрации меди. Это создает большие напряжения в кристалле и повышает его прочность.

Если провести процесс старения при высокой температуре, то может произойти и выделение меди из твердого раствора. Прочность металла при этом резко снижается.



Надежно, как в доте.

В распоряжении конструкторов имеется в настоящее время множество алюминиевых сплавов. Предел прочности некоторых из них достигает 60—70 кг на кв. мм. Это отличная прочность, но... Но все эти сплавы легко подвергаются коррозии. Ведь в их состав входят различные элементы, создающие крохотные включения, могущие мгновенно стать электродами микроэлементов. Чистому алюминию не хватает прочности сплавов, сплавам — устойчивости чистого алюминия против окисления.

Чтобы соединить положительные свойства сплавов и чистого алюминия, прибегают к плакированию металла. Болванку дюралюминия обертывают листом чистого алюминия и в нагретом виде прокатывают. Металл и сплав свариваются, при этом сплав оказывается как бы в рубашке чистого, коррозионно устойчивого металла.

В тех случаях, когда требуется особенно большая стойкость против коррозии, плакированный металл тщательно обезжиривают и опускают в ванну с крепким раствором серной кислоты. Металл соединяют с анодом. Происходит анодирование металла. На листе возникает защитная пленка окиси алюминия толщиной до десятой доли миллиметра.

В этой пленке при рассматривании в микроскоп можно обнаружить множество мельчайших пор, ведущих в глубь металла. Чтобы они не явились воротами для проникновения к металлу кислорода и воды, их целесообразно заполнить каким-либо прочным составом. Обычно для этого изделие после анодирования погружают в ванну с раствором соединения калия с хромом.

Вот теперь алюминиевая деталь не боится ни больших нагрузок, ни коррозии.

Мы говорили до сих пор о ковочных алюминиевых сплавах. В первые часы и дни после закалки, когда они обладают большой пластичностью и малой прочностью, их и подвергают механической обработке — прокатке, ковке, обработке резанием. А затем, уже приобретя окончательную форму, они становятся прочными, твердыми.

Кроме ковочных, создана специальная группа и литейных алюминиевых сплавов. Эти сплавы обладают хорошей жидкотекучестью, способностью заполнять все изгибы и пазы формы. Они имеют и небольшую усадку, то есть не образуют внутри отливки раковин и слабин при застывании. Обычно литейные сплавы алюминия содержат в своем составе кремний, медь, магний.

...Откинув назад, словно руки пловец, готовый броситься с вышки в воду, тонкие острые крылья, стоит на взлетной дорожке аэродрома стремительный самолет. Взмах флажка, и уже рокочит его моторы, лопасти пропеллера сливаются в прозрачный, чуть поблескивающий круг. Все быстрее и быстрее бежит он и вдруг отрывается от бетона дорожки. Он в своей родной стихии — в воздухе. Легкий толчок, и скрылись, сложившись, шасси. Еще и еще растут скорость и высота полета.

Крылатый металл — в воздухе. Крылья и фюзеляж — это прокатанный плакированный алюминий. Заклепки (а их сотни тысяч насчитывается в каждом самолете) — тоже алюминиевые, из сплава очень пластичного после закалки и очень прочного после старения. Шасси, блок мотора и множество его деталей отлиты из литейных алюминиевых сплавов.

МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ПЕНА

Большой и важной для различных отраслей народного хозяйства группой искусственных полимерных материалов являются пенопласты.

Мне довелось однажды присутствовать на лекции, в ходе которой лектор, кандидат химических наук В. Щеголев, получил в небольшом стеклянном сосуде пенопласт. Он влил на дно этого сосуда совсем не-

много прозрачной зеленоватой жидкости, всыпал какого-то белого порошка и тщательно размешал получившуюся смесь стеклянной ложечкой. Затем поставил сосуд на край кафедры и продолжил лекцию.

Вещества в сосуде меж тем не остались в покое. Смесь их начала расти значительно быстрее, чем растет тесто в квашне.

Минут за двадцать белая устойчивая пена заполнила весь сосуд и перелилась тяжелой волной через край. Но лектор не обращал на это внимания.

Вероятно, исчерпав силы своего бунта, вещество перестало расти. Мне все казалось, что еще несколько минут — и пена начнет опадать, пузыри ее будут высыхать, лопаться и снова на дне сосуда останется лишь несколько ложек зеленоватой жидкости. Во всяком случае именно такой вариант предсказывал мой житейский опыт: ведь именно так вела себя мыльная пена, когда я намыливал щеку и меня в это время срочно приглашали к телефону; это же происходило и с несъеденной вовремя порцией мусса. Но не тут-то было!

Щеголев кончил лекцию, взял в руки сосуд и вытряхнул из него пену. Нет, она не разлилась по столу, она сохранила форму сосуда. Всего за двадцать минут она застыла, затвердела. И вела она себя не как мыльная пена, а скорее как тесто. Ведь обыкновенная булочка, которую вы съедаете за завтраком, — это и есть застывшая пена теста, она вся пронизана крохотными пузырьками газа.

Пенопласты обладают удивительными свойствами. Прежде всего это чрезвычайно легкий материал. Целую глыбу его может легко поднять один человек. Это делает пенопласты чрезвычайно полезными во всех транспортных устройствах, где вреден излишний вес.

Пенопласты обладают отличными теплоизоляционными свойствами. Ведь воздух является отличным теплоизолятором — недаром именно слоем воздуха отгораживаемся мы от зимних холодов, вставляя в окна двойные рамы. Звук «вязнет» в пенопласте, обессиленный бесчисленными перегородками между воздушными пузырями. Все эти свойства делают пенопласт лучшим строительным изоляционным материалом.

Но пенопласты обладают и большим недостатком: их прочность невысока. Вот если бы удалось получить каким-либо способом пенометалл, он нашел бы еще более широкое распространение: ведь прочность его была бы куда выше, чем у пенопластов.

Писатель-фантаст Ю. С. Моралевич написал даже научно-фантастический рассказ о нефтеналивном судне, построенном из пенометалла, которое обладало удивительными свойствами: в частности, оно было непотопляемым — ведь материал, из которого судно было изготовлено, плавал на воде, как пробка.

Опытов в этом направлении ведется много. В печати недавно, в част-

ности, появилось сообщение о разработанной технологии получения пеноалюминия.

Изготавливается пеноалюминий следующим образом. В расплавленном алюминии растворяют гидриды циркония, бария, лития. Расплав выдерживают несколько минут при температуре около 657 градусов. Молекулы гидридов распадаются, выделяя водород. Он и заполняет бесчисленные образующиеся в толще металла поры диаметром до нескольких миллиметров. Металл начинает стремительно «расти». Так как водород очень летуч и пузыри его быстро поднимаются к поверхности металла и там лопаются, алюминий надо моментально охладить. Это осуществляют струей холодной воды.

Пеноалюминий обладает очень низким удельным весом — в зависимости от дозировки и точности технологии вес куб. см этого материала колеблется от 0,19 до 0,64 г. Следовательно, пеноалюминий плавает на воде, как пробка или как бальзовое дерево, из которого был построен знаменитый плот «Кон-Тики».

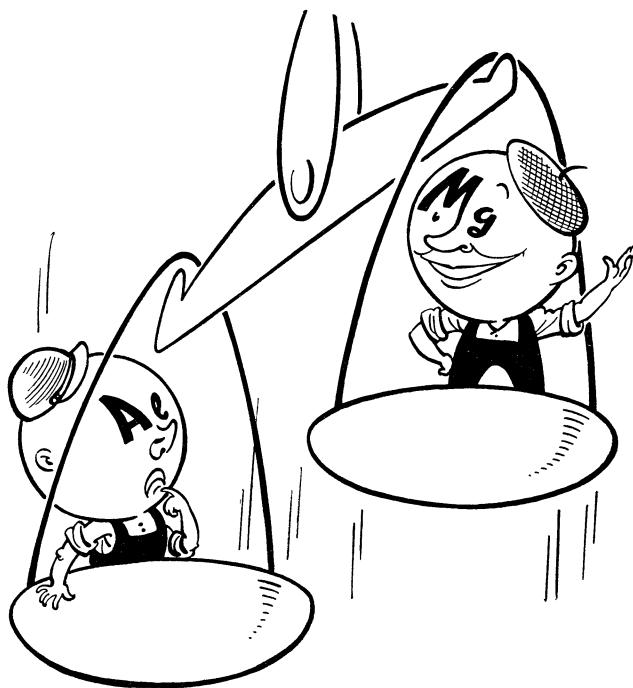
Трудно сказать, окажется ли первенец в семействе пенометаллов — пеноалюминий, технология производства которого разработана американскими учеными, тем удивительным материалом, о котором вместе с писателями-фантастами мечтают и инженеры. Но нет сомнения, что появятся и пенотитан, и пеносталь, и пенобериллий, и разнообразнейших свойств пеносплавы.

Пенометаллам принадлежит большое будущее. Но так много еще неизвестного в этой области металлургии! И в первую очередь неизвестны пути получения таких металлов.

СОПЕРНИК И СОЮЗНИК

«За последние годы все большее значение приобретает алюминий, как металл разностороннего применения в промышленности и в строительстве, — сказал в своем докладе «О контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 годы» на внеочередном XXI съезде КПСС Никита Сергеевич Хрущев. — Поэтому производство алюминия за семилетие предполагается увеличить в 2,8—3 раза. Для такого роста у нас имеется достаточная энергетическая и сырьевая база».

И все же у алюминия, как крылатого металла авиации, как металла astronautики, есть очень серьезный соперник. Это один из целого ряда металлов, впервые полученных английским химиком Г. Дэви. Свежий разрез его имеет серебристо-белый цвет. Он плавится при 651 градусе, кипит при 1120 градусах. Однако нагретый на воздухе до температуры



Перевес — здесь не преимущество.

всего около 550 градусов, он вспыхивает и стремительно сгорает нестерпимо ярким пламенем. Это магний.

Можно много рассказывать о его свойствах. О том, что на воздухе его яркий блеск быстро погасает: он покрывается тонкой пленкой тусклой окиси. О том, что он почти не реагирует с холодной водой, но из горячей вытесняет водород. О том, что в атмосфере влажного хлора он загорается уже при комнатной температуре и хорошо растворяется в разбавленных кислотах. И все это будет правильно, но все это еще не важнейшее свойство магния. Важнейшее — его малый удельный вес.

Он равен 1,738 г на куб. см. Вспомним, что удельный вес крылатого металла сегодняшнего дня — алюминия, о котором мы только что говорили, равен 2,7 г на куб. см. Значит, имея сплавы магния, равные по прочности сплавам алюминия, можно изготовить самолет, на треть более легкий, чем из алюминия.

Да, магний — тоже крылатый металл и сегодняшнего и завтрашнего дня!

Магний — один из распространенных в природе металлов. Земная кора на 2,3 процента состоит из магния. Он входит в состав около 200 минералов из примерно 1500 известных и исследованных. В морской воде содержится 0,14 процента магния. Он является неизбежной составной частью растительных и животных организмов. В некоторых видах морских водорослей он составляет до 3 процентов по весу, в известковых губках — до 4 процентов. Магний входит в состав хлорофилла и таким образом участвует в великой реакции образования органических веществ. Ученые подсчитали, что только в хлорофилле земных растений содержится около 100 млрд. тонн магния. Недостаток магния в почве вызывает тяжелые заболевания растений, в пище — болезни животных.

Магний поистине вездесущ, запасы его неисчерпаемы, но в течение длительного времени он не находил себе широкого применения. Только в 20-х годах, всего лет 35 назад, впервые использовали его в сплавах.

В 1937 году производство магния достигло 20 тысяч тонн, в 1940 — перевалило через 35 тысяч тонн, а в 1943 — превысило 250 тысяч тонн. Причем в этих цифрах не учитывается производство магния в Советском Союзе.

Большая часть металлического магния идет на производство сплавов, ибо в чистом виде магний как конструкционный металл применяться не может: он слишком мягкий и непрочный.

Есть такое понятие — удельная прочность. Это отношение предела прочности на разрыв к удельному весу материала. Мы уже проводили сравнение по удельной прочности, когда сравнивали сплавы алюминия и сталь. Сплавы магния по удельной прочности приближаются к дюралюминию.

Применение магниевых сплавов понижает вес деталей на 20—30 процентов по сравнению с алюминиевыми и на 50—75 процентов по сравнению с чугуном и сталью.

Наибольшее применение имеют магниевые сплавы, содержащие до 11 процентов алюминия, 4 процентов цинка и 2,5 процента марганца. Алюминий и цинк в этом содружестве металлов увеличивают прочность сплава, а марганец резко повышает его антикоррозийную способность. В некоторые сплавы магния вводят литий, бериллий, кальций, кадмий, церий, титан и т. д. Одни из этих добавок увеличивают жаростойкость сплавов, другие повышают пластичность, понижают окисляемость и т. д. Вредным считается присутствие железа, кремния, меди и никеля. Присутствие этих элементов снижает механические свойства сплавов, уменьшает сопротивляемость коррозии.

Как и сплавы алюминия, магниевые сплавы делятся на две большие группы — используемые для литья и применяемые после обработки давлением.

Наиболее часто встречаются литые магниевые изделия.

Работа со сплавами магния очень своеобразна. Так, например, расплавленные сплавы этого металла при соприкосновении с воздухом загораются, поэтому и плавку и литье приходится вести под слоем шлака. Однако мнение, распространенное довольно широко, что изделия из магниевых сплавов вообще огнеопасны и могут загораться от случайных причин, не соответствует действительности.

Да, распыленный в воздухе порошок магниевого сплава взрывоопасен. Поэтому, ведя шлифовку или полировку магниевых изделий, надо следить, чтобы хорошо работали пылеотсасывающие устройства. Да, опасна в пожарном отношении и стружка магниевого сплава. Но изделие из сплава магния можно поджечь, только расплавив его. Да и это нелегко сделать: большая теплопроводность сплава обеспечит быстрое охлаждение нагреваемого места.

Магниевые сплавы — это новые возможности еще уменьшить вес и увеличить грузоподъемность самолета, железнодорожного вагона, автомобиля, поэтому применение их все растет.

Во многих странах ведутся интенсивные поиски лучших по качеству сплавов магния. И все-таки работы в этой области еще только начаты. Еще не открыт тот лучший состав сплава, который станет классическим. Еще неизвестны ни легирующие примеси, которые войдут в его состав, ни процентное соотношение этих примесей, ибо еще не построены многие двойные и тройные диаграммы состояния сплавов магния с другими элементами.

...А он будет, обязательно будет найден — сверхпрочный магниевый сплав, против которого будет почти бессильна коррозия и который будет абсолютно негорючим! Он просто ждет еще своего открывателя.

Но магний находит себе применение и в чистом виде. Его используют для изготовления осветительных и сигнальных ракет, зажигательных снарядов и авиабомб. Та же самая яркая вспышка магния, которую применяли фотографы до изобретения блиц-ламп при фотографировании в темных помещениях или ночью, может зажигать истребляющие пожары, губить труд и жизни людей. В металлургии черных металлов магний служит в качестве легирующей добавки. С помощью магния получают и трудновосстановимые титан и ванадий, очищают от серы никель и некоторые сплавы.

Как же получают этот металл?

СНОВА ЭЛЕКТРОЛИЗ

Советский Союз обладает огромнейшими залежами магниевых руд. Магnezит есть у нас на Среднем Урале и в Оренбургской области, доломит — в Донбассе, Московской и Ленинградской областях и т. д., карналит — в Соликамске (Урал), бишофит — в озерах Крыма, в Кара-Богаз-Голе и озере Эльтон. И это далеко не полный список, ибо даже простая морская вода может служить неисчерпаемым сырьем для производства магния.

Как и алюминий, металлический магний рождается в электролитической ванне. Однако, прежде чем попасть в электролитическую ванну, руды магния, помимо обычного обогащения, проходят ту или иную обработку, изменяющую их состав.

Бишофит, добываемый из соленых озер выпариванием воды, подвергают двухстадийному процессу обезвоживания. Первая стадия осуществляется прокаливанием во вращающихся цилиндрических печах (мы уже не раз встречались с печами такого типа в различных металлургических процессах). Однако при этом удастся избавиться лишь от части входящей в состав молекулы бишофита воды. Если поднять температуру процесса, то начнет появляться окисел магния, что нежелательно. Поэтому окончательное обезвоживание проводят в другой вращающейся печи, обогреваемой снаружи и заполненной газообразным хлором.

Полученный полупродукт неизбежно содержит в себе некоторый процент окиси магния. Чтобы избавиться от нее, полупродукт плавят в шахтных электрических печах. Процесс ведется таким образом, чтобы нежелательная примесь ушла в шлак. Отстоявшийся чистый хлорид магния выпускают в ковш с плотно закрывающейся крышкой и направляют на электролиз.

Руды, имеющие другой химический состав, перерабатываются иными способами. Все они являются достаточно сложными. И во всех случаях в итоге получают безводное соединение хлора с магнием.

Электролиз магния, пожалуй, еще сложнее, чем электролиз алюминия. Магний легче расплава хлорида магния, из которого он был получен, поэтому он всплывает на поверхность. Одновременно с выделением магния на другом электроде ванны происходит выделение хлора. Значит, ванна должна быть постоянно закрыта. Все это вызывает дополнительные трудности.

Но вот вакуум-ковш приблизился к электролизной ванне и наполнился легким серебристым металлом. Его разлили в изложницы и полу-

чили слитки. Нет, это еще не чистый металл. Его надо подвергнуть дополнительной очистке — рафинированию.

Обычно применяются два способа такого рафинирования: первый состоит в переплавке магния с флюсами; второй, позволяющий получить магний весьма высокой чистоты, заключается в возгонке магния в вакууме.

Для рафинирования возгонкой используются специальные вакуум-аппараты — стальные цилиндрические реторты с герметически закрывающимися крышками. На дно этих реторт закладывают очищаемый магний и откачивают воздух. Затем нижнюю часть аппарата нагревают, в то время как верхняя охлаждается наружным воздухом.

В аппарате под влиянием нагрева происходит возгонка магния. Он становится газообразным, минуя жидкое состояние: ведь температура, при которой идет процесс, равна 580—600 градусам. Пары магния поднимаются в верхнюю часть аппарата и там осаждаются на его стенках. Конечно, и часть примесей проделывает этот же путь, но те из них, которые возгоняются легче магния, осаждаются в самой верхней части аппарата, а те, что возгоняются трудно, осаждаются в нижней части конденсатора. Большая часть металла — до 80 процентов — имеет чистоту не менее «четырёх девяток», то есть содержит не меньше 99,99 процента магния. Эта чистота может быть еще повышена повторной возгонкой.

Так рождается этот металл — соперник и друг алюминия. Соперник — потому, что по ряду качеств превосходит он сегодняшний главный крылатый металл. Друг — потому, что содружество этих металлов позволяет получить наиболее ценные технические сплавы. Ведь в состав дюралюминия входит магний, а в состав лучших сплавов магния — алюминий.

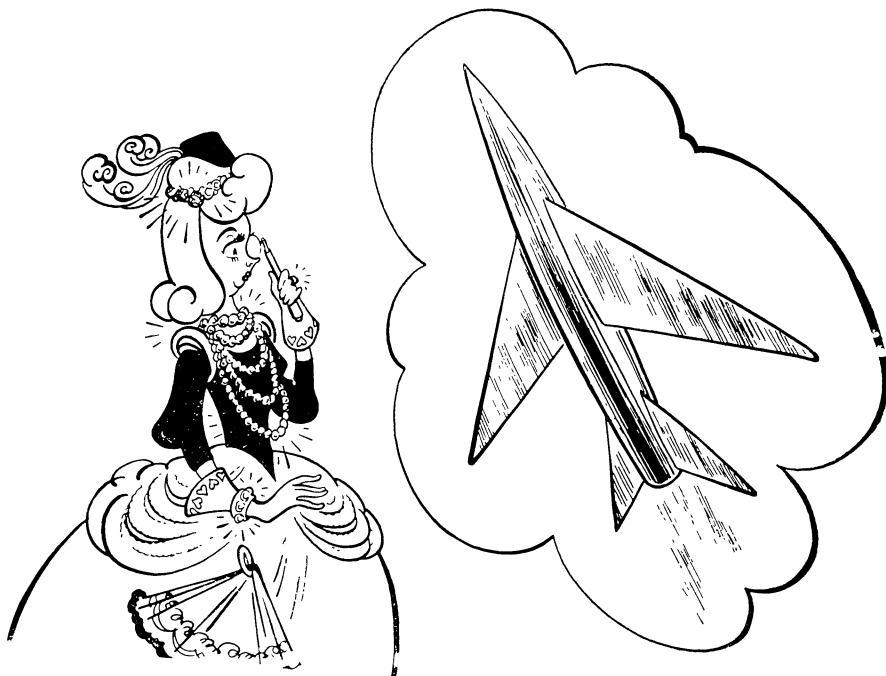
Но и у магния и алюминия есть еще более опасный соперник на право называться крылатым металлом будущего и особенно — металлом межпланетных рейсов.

ЕГО РУДУ ОПРАВЛЯЮТ ЗОЛОТОМ

Конечно, это бериллий. Блистательный бериллий!

Он входит в состав многих самоцветов. Изумруды и хризобериллы, аквамарины и эвклазы — ценнейшие камни, сиявшие на коронах императоров и в перстнях вельмож, ограненные и вставленные в оправу из самых дорогих металлов, вырезанных талантливейшими ювелирами, — просто руда для получения бериллия.

Много историй можно рассказать о кусочках руды бериллия, столь



Бериллий. Век XIX и век XXI.

ценимых человеком на протяжении нескольких тысячелетий. Сколько крови, пота, сколько человеческих судеб, жизней, страстей сплеталось вокруг этих красивых, но совершенно бесполезных камешков! Но все это — отошедшее или отходящее прошлое бериллия. Будущее его представляется совсем другим.

Впервые о существовании бериллия догадался французский химик Воклэн, много лет занимавшийся изучением свойств драгоценных камней. В 1798 году он сообщил о своем открытии Французской Академии наук. Он предложил назвать новый металл глюцинием — от греческого слова «сладость», так как соли бериллия показались ему сладкими на вкус.

Металлический бериллий был впервые получен в 1828 году. Крохотная щепотка темно-серого порошка, загрязненного примесями, не позволила узнать как следует свойства нового металла. Только через 70 лет, на самой грани двадцатого века, получили электролизом сравнительно чистый бериллий. И началось изучение его физических свойств.

Они оказались блистательными. Только титан, вероятно, может

соперничать с бериллием счастливым сочетанием крайне полезных для человека свойств.

Бериллий — твердый, серебристо-серый металл. Его удельный вес почти равен удельному весу магния — 1,82 г на куб. см. Температура плавления — 1284 градуса — значительно выше, чем у магния и алюминия. И это большое преимущество, ибо авиация будущего — прежде всего авиация высоких скоростей, а значит, и высоких температур.

Да, именно так. Встречный воздух, который, когда вы быстро идете, нежной прохладой овеивает ваше лицо, уже упрямо и упруго упирается в плечи и грудь велосипедиста, едущего с большой скоростью. Он, словно резиновая подушка, давит на стекло автомобиля, летящего по шоссе. Значительная часть мощности мотора уходит на это сопротивление. И он становится почти твердым, когда вы высунете руку из кабины самолета, летящего со скоростью всего 200—250 км в час.

Не пытайтесь высунуть руку из кабины сверхзвукового самолета — вы просто потеряете ее. Американский летчик, которому пришлось выпрыгнуть без защиты из терпящего аварию сверхзвукового самолета, был изломан потоком воздуха, словно прошел сквозь мясорубку. Воздух сорвал с его головы кожу, изломал конечности, грудь. Летчику много месяцев пришлось провести после этого прыжка в лечебнице. И ему еще очень повезло, ибо в аналогичных случаях летчики просто погибали.

Ударяющий с такой скоростью в корпус самолета ветер нагревает его поверхность. Уже сейчас на сверхскоростных самолетах приходится предусматривать специальное охлаждение кабины пилота. А еще больше этот нагрев у космических ракет. Печально знаменитые «Фау-2», которые фашисты применили в конце второй мировой войны для обстрела Лондона, светились в момент падения вишнево-красным цветом — так нагрело их сопротивление атмосферы. Вот поэтому-то и важна высокая сопротивляемость нагреву, высокая температура плавления у крылатых металлов будущего.

А бериллий обладает к тому же и высокой теплостойкостью. Деталь из дюралюминия при нагреве до 400 градусов становится в 5 раз менее прочной, чем до нагрева. А бериллиевая деталь снизит свою прочность лишь наполовину.

Не уступает бериллий другим металлам и по удельной прочности. Если у нержавеющей стали удельная прочность равна 10, у сверхпрочной стали — 20, то у бериллия она превосходит 26. Каркас высотного дома, сделанный из такого же по весу количества бериллия, что и стальной каркас, будет значительно прочнее последнего. Самолет, сделанный из бериллия, только за счет разницы в весе будет иметь на 40 процентов большую дальность полета, чем такой же самолет из алюминия.

Вот почему о блистательном бериллии заговорили, как о крылатом металле будущего.

Однако не только авиаконструкторы обратили на новый металл свое благосклонное внимание. Еще раньше нашли ему применение рентгено-техники. Оказалось, что твердый, неподатливый бериллий почти абсолютно прозрачен для рентгеновских лучей. И поэтому «окна» рентгеновских трубок во всем мире ныне делают из бериллия.

Очень скоро заинтересовались бериллием и металлурги. Крохотные добавки этого металла, как им удалось установить, резко изменяют свойства многих металлов и сплавов.

Мы говорили уже об усталости металлов — неприятном свойстве их ломаться, испытав определенное количество даже не очень значительных напряжений.

Было время, рессоры для автомобилей делали из обыкновенной углеродистой стали; 800—850 тысяч толчков выдерживали они и ломались от усталости. В сталь ввели небольшое количество бериллия, и словно новой силой налился металл: 14 миллионов толчков выдержали рессоры при испытаниях, и даже следов усталости не было у них. Неустойчивость придали стали бериллий.

Бериллий не соединяется с магнием, но стоит ввести его в состав магниевых сплавов — хотя бы не более 0,01 процента — и резко повышается его стойкость против коррозии в воздухе и в воде. И даже при нагревании до 700 градусов такой сплав, содержащий добавку бериллия, не загорается. Противопожарные свойства придали магнию бериллий.

Бериллий является лучшим раскислителем стали. Ни алюминий, ни магний не обеспечивают такой полноты раскисления, как бериллий.

Но самым важным сегодня сплавом, в котором содержится бериллий, являются так называемые бериллиевые бронзы.

Нет, бериллий не является основой этих сплавов, хотя он и дал им свое имя. Его содержание в них ограничивается 2—2,5 процента. Но влияние этой добавки оказывается поистине чудодейственным.

Самые ответственные детали механизмов — пружины, электрические пружинящие контакты, шестерни и подшипники, — работающие при больших скоростях, высоких давлениях и температурах, изготавливаются из бериллиевых бронз. Да это и понятно: прочность их после соответствующей термической обработки не уступает прочности лучшей стали. Они отличаются высокой упругостью, хорошей электропроводностью и теплопроводностью. К тому же они хорошо сопротивляются истиранию. Но не только поэтому, а также и потому, что они при ударе о камень никогда не рожают искры, из бериллиевых бронз делают кирки, молотки, пилы, применяемые на взрывоопасных работах — в шахтах, на пороховых заводах и т. д.

Бериллиевые бронзы умеют стареть почти так же, как некоторые сплавы алюминия. Чтобы вызвать процесс старения, изделия из бериллиевой бронзы нагревают до 780—800 градусов, охлаждают в воде, а

затем в течение нескольких часов подвергают отпуску при температуре 250—350 градусов. После закалки сплав становится очень пластичным, податливым, как глина. Но после отпуска пластичность исчезает, зато прочность возрастает в несколько раз. Если предел текучести у закаленной бериллиевой бронзы не превышает 16 кг на кв. мм, то после отпуска он поднимается до 128 кг на кв. мм.

И еще одно важнейшее применение бериллию нашли металлурги. Они насыщают этим металлом поверхностные слои стальных изделий в тех случаях, когда им надо придать особую твердость и стойкость против окисления при температурах до 800 градусов. Этот процесс называется бериллизацией. Он состоит в нагреве погруженного в порошок бериллия или его богатого соединения стального изделия до температуры около 1000 градусов.

Вот сколько важнейших применений нашел бериллий в металлургии!

А на него уже предъявляют свои права и ученые, работающие в области атомной энергетики.

Оказывается, и еще одним важнейшим свойством обладает этот металл: он замедляет пролетающие сквозь него нейтроны, но не поглощает их, поэтому он незаменимый материал атомной энергетики.

Немало желающих в самых разных областях техники и промышленности нашлось на бериллий. Но бериллий оказался редким металлом. Даже в берилле — полудрагоценном камне, лучшей руде бериллия — содержится всего около 5 процентов этого металла. Содержание же его в составе земной коры измеряется десятитысячными долями процента.

Так что же, поманив своими достоинствами, бериллий так и останется недоступной виноградной кистью из басни о лисе и винограде? Вряд ли. Бериллия на Земле все же, например, вдвое больше, чем свинца или кобальта.

И, действительно, едва разобрались в свойствах бериллия, как начала стремительно расти его добыча. Уже в 1932 году немецкая фирма Сименса выплавил 2 тонны этого драгоценного металла. В 1937 году в США было произведено около 7 тонн сплавов бериллия. А в 1959 году только в капиталистических странах было добыто 180 тонн бериллия.

Правда, у бериллия есть и отрицательные качества. Он очень твердый — при обыкновенной температуре царапает стекло (попробуйте обрабатывать такой металл резанием!). Он очень хрупок — ударьте молотком, и он рассыпется на куски; поэтому чистый бериллий не поддается ни прокатке, ни ковке, ни волочению. Только повысив температуру до темно-красного каления, можно, да и то в очень ограниченных пределах, ковать бериллий. И еще в сверхчистом виде имеет он некоторую пластичность.

Нелегко, конечно, иметь дело с таким упрямым, не поддающимся никакому воздействию. Для того чтобы получить бериллиевую жечь, например, приходится прокатывать заготовки в герметических стальных контейнерах при температуре в 300 градусов.

Но и не таких упрямцев обламывали металлурги! Одним из средств умирения их непокорных характеров является так называемая порошковая металлургия.

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Это огромная уже сегодня и стремительно развивающаяся область металлургии.

Правда, в настоящее время всего лишь около 0,1 процента — тысячная часть от мирового производства металла — проходит стадию порошковой металлургии, но это еще не характеризует ее места в промышленности. Ведь каждый килограмм изделий методами порошковой металлургии эквивалентен нескольким килограммам металлических изделий, изготовленных резанием: в порошковой металлургии почти нет отходов, а при резании огромное количество металла идет в стружку. С другой стороны, один килограмм металлокерамических твердых сплавов, получаемых методом порошковой металлургии, заменяет десятки килограммов высоколегированной инструментальной стали.

Порошковая металлургия применяется в тех случаях, когда никакими другими способами нельзя приготовить из соответствующих материалов изделие с требующимися высокими свойствами.

Как, например, изготовить из сверхтвердого вольфрама, да к тому же еще имеющего температуру плавления в 3400 градусов, тончайший волосок электрической лампочки? Ни обработки резанием, ни волочения, ни прокатки здесь не применишь.

Как приготовить сплав двух металлов, имеющих резко различные температуры плавления — например меди (она плавится при 1083 градусах) и того же вольфрама?

Как изготовить материал, содержащий наряду с металлическими и неметаллические включения, например частицы корунда или алмазной пыли?

Как изготовить металлический вкладыш подшипника таким, чтобы всю его толщу пронизывали поры и чтобы общее количество их было (в процентном отношении) строго соответствующим заданному?

Все эти технологические задачи позволяет решить порошковая металлургия. Но это еще не все. Порошковая металлургия может конкурировать по экономичности и с другими видами обработки металлов. Так, для изготовления обычным методом железной шестерни требуется затра-

ИЗ КАКИХ СПЛАВОВ БУДУТ СОЗДАНЫ ОНИ. МЕЖЗВЕЗДНЫЕ КОРАБЛИ ПОСЛЕЗАВТРАШНЕГО ДНЯ?



тить 30 часов труда квалифицированного рабочего. На изготовление такой шестерни методом порошковой металлургии требуется 10 часов труда малоквалифицированного труженика.

Методом порошковой металлургии можно получать изделия, столь точно выполненные, что они не потребуют никакой дополнительной обработки. Потери металла при порошковой металлургии крайне невелики, а чистота получаемых материалов может быть очень высокой.

Не надо, однако, считать, что порошковая металлургия способна заменить собой все другие виды обработки металлов. И у нее есть целый ряд существенных недостатков. Изготовленные этим методом изделия вследствие большой пористости обладают повышенной способностью к окислению, тем более что оно может происходить по всей толще металла. Они обладают низкими пластическими свойствами. Дорого стоят и пресс-формы, в которых прессуются из металлического порошка изделия, поэтому порошковая металлургия рентабельна только в массовом производстве. Ограничены пока размеры и форма получаемых изделий.

Но самым главным недостатком порошковой металлургии является высокая стоимость порошков металлов — исходного сырья для изготовления изделий этим методом.

Много способов предложили, испробовали и применяют инженеры для получения металлических порошков требующейся тонины разлома.

Самый простой и распространенный — это размол в шаровых мельницах. Удары чугунных шаров дробят хрупкий металл, дуновение люющего сквозь барабан мельницы воздуха уносит с собой наиболее мелкие частицы, сепаратор отделяет только те из них, которые достигли требующихся размеров, и возвращает более крупные на домол в мельницу. Во всяком случае в настоящее время инженеры знают целый ряд способов получения порошков из разнообразнейших материалов, разнообразнейшей тонины помола, с разнообразной формой частиц. Ибо и форма частиц играет роль в порошковой металлургии.

Но это отнюдь не значит, что найдены все самые лучшие и выгодные способы. Наоборот, по всей вероятности, самые лучшие и экономичные ждут своих открывателей.

Но вот требующиеся порошки получены. Их смешивают. Это тоже сложный процесс: ведь от равномерности смеси в значительной степени зависит качество будущего изделия. Затем смесь закладывают в форму и прессуют.

Возьмите в руки кусок металла. Это сплошное тело, в котором любая частица плотно соприкасается со всеми окружающими частицами. Существуют в технике вещества и другого состояния — так называемые

коллоиды. Они представляют собой крохотные частицы величиной в сотые и тысячные доли микрона, взвешенные в какой-либо жидкости. Частицы коллоида совсем не касаются друг друга. Порошки металлов представляют собой нечто среднее между этими двумя крайними состояниями вещества, расквалифицированного по сцепляемости, соприкасаяемости частиц, ибо из общей их поверхности лишь незначительная часть находится в состоянии соприкосновения друг с другом.

Но эти участки контакта являются важнейшими в физической картине порошковой металлургии. Именно через эти участки проходит основной поток тепловой и электрической энергии, они испытывают максимальные напряжения при прессовании, в них проходит процесс спекания частиц в один сплошной монолит.

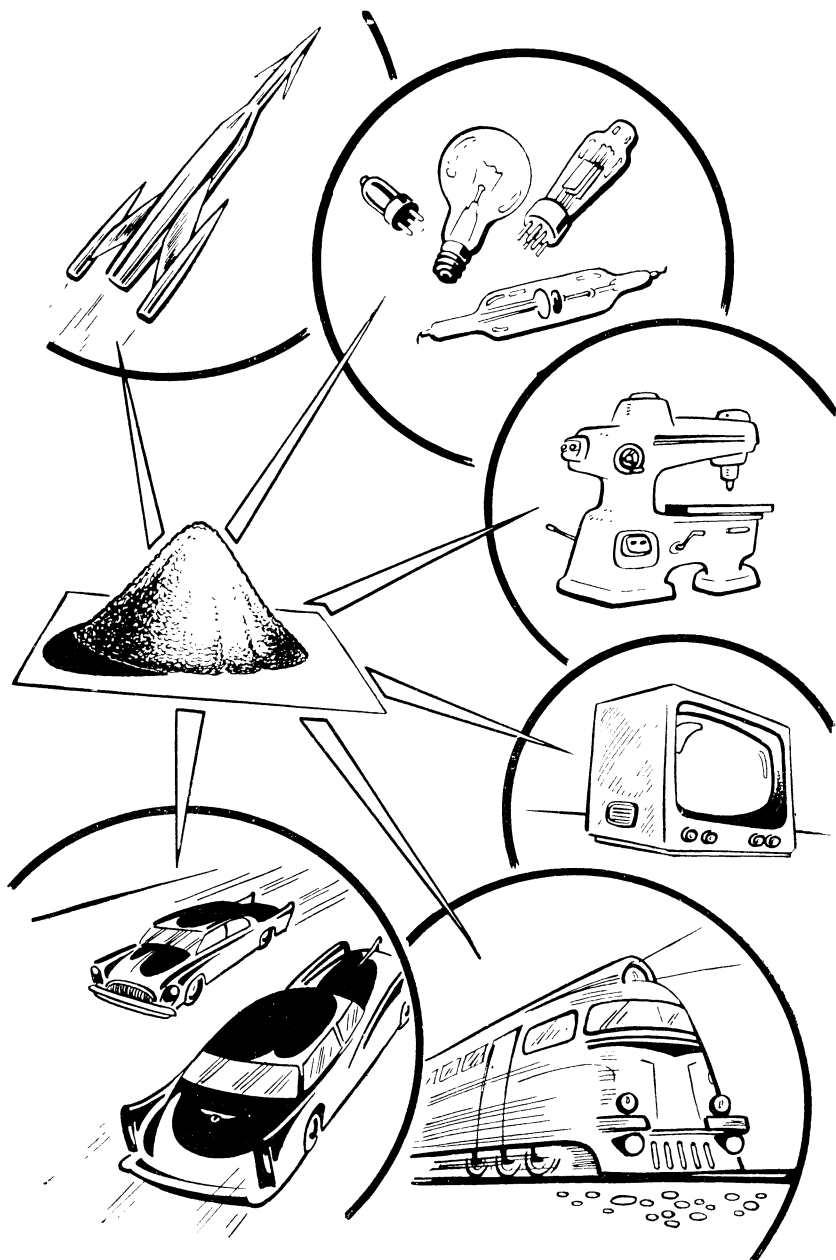
В процессе прессования частицы сближаются друг с другом, поверхность соприкосновения частиц растет, они переплетаются друг с другом своими выступами и неровностями. Но, конечно, из-под холодного пресса выходит еще не готовое изделие. Прессование обеспечило только получение формы будущего изделия для его дальнейшей обработки. А она заключается в спекании.

Спекание производится при более низкой температуре, чем температура плавления главного компонента порошковой смеси, однако оно вызывает целый ряд существенных изменений физического состояния прессованного изделия. В смеси происходят сложные процессы диффузии атомов, сцепления частиц друг с другом, взаимного растворения веществ. В результате после охлаждения получается готовое изделие, обладающее заданными свойствами.

Конечно, это только общая технологическая линия производства изделий методом порошковой металлургии. В каждом конкретном случае, для каждой группы материалов существуют свои варианты этой технологии. Нередко прессование осуществляют одновременно с нагревом. Случается, что спекание приходится осуществлять в атмосфере инертных газов. Бывает, что прессование осуществляется всесторонним давлением сжатой жидкости, а не односторонним нажимом пуансона пресса. Можно встретить установки, в которых осуществляется и не прессование, а прокатка порошков. И так далее и так далее.

Порошковая металлургия тесно связана с электротехникой. Нити накала электрических ламп, радиоламп, рентгеновских трубок должны работать при температуре 2—3 тысячи градусов и иметь достаточную механическую прочность. Из вольфрама, молибдена и тантала методом порошковой металлургии и готовят эти детали.

Металлокерамические резцы, появившиеся в последние годы, произвели подлинную революцию в обработке металлов резанием. Еще бы, они позволили увеличить скорость резания в десятки раз! Проникнув в



Мы, конечно, не исчерпали всех применений порошковой металлургии!

горное дело, они и там позволили значительно ускорить проходку скважин. А ведь в их состав входят карбиды — соединения с углеродом самых тугоплавких металлов. Так, карбид титана, обычный компонент таких резцов, плавится при температуре лишь в 3140 градусов, карбид циркония и ниобия — при 3500 градусах, карбид тантала — при 3380 градусах. Конечно, только порошковая металлургия позволяет получить узкие, наплавляемые на державки резцов пластинки, в состав которых входят эти карбиды.

Твердые сплавы, изготовленные из порошков карбидов, позволили повысить скорость не только обработки металлов резанием. Из них делают штампы для прессов и фильеры для волочения стальной проволоки, сверла и резьбовые калибры и т. д.

И во всех этих случаях твердые сплавы с честью выдерживают испытание. Металлокерамический штамп для производства безопасных бритв выдерживает до 2 млрд. штамповок, когда обычный стальной штамп приходится менять после 15 млн. штамповок. Срок службы твердосплавных валков в 100 раз дольше, чем простых стальных. Стальная фильера до износа позволяет проволочить сквозь себя 80 кг железной проволоки, твердосплавная — до 50 тонн, в 600 раз больше!

Вот что такое твердые сплавы, изготавливаемые методом порошковой металлургии. Материалом высоких скоростей можно было бы назвать их, ибо их применение очень часто связано с большими скоростями. А рост скоростей — одна из отличительнейших характерных черт современной техники.

Взять хотя бы двигатель современной скоростной авиации — реактивный двигатель. Его приход сразу позволил чуть ли не вдвое увеличить скорость полета самолета. Он позволил поднять и потолок самолета в те области атмосферы, где задохнулся поршневой двигатель. А знаете ли вы, что реактивный двигатель не может развить и сейчас еще полной возможной мощности? Что в камеры сгорания его впускается больше, чем нужно, воздуха, а то и взбрызгивается вода, чтобы понизить температуру газов горения, хотя чем выше она, тем экономичнее работа двигателя? И делается это потому, что нет материалов, которые смогли бы продолжать длительное время работать в яростном потоке этих газов, имеющих температуру выше полутора-двух тысяч градусов.

Да, современные литые металлические сплавы, включающие в себя добавки хрома, никеля, кобальта (мы говорили о них), не могут работать при температуре выше 850—900 градусов. При более высоких температурах следует применять тугоплавкие металлы, карбиды и нитриды их. И, конечно же, именно порошковая металлургия позволяет изготовить из них нужные детали аппаратуры.

Одним из наиболее перспективных таких материалов является карбид титана. Он хорошо противостоит тепловому удару — быстрому на-

греву при пуске двигателя и быстрому охлаждению при его остановке. С добавкой 20 процентов кобальта при температуре около 900 градусов он почти вдвое превосходит по прочности лучшие жаропрочные металлические сплавы.

А сопло реактивного двигателя... Расширяющаяся труба, в которой раскаленные газы, все ускоряя свое движение, создают реактивную силу. Какие только усилия не прилагают конструкторы, чтобы понизить ее температуру! Ее охлаждают поступающим в камеру сгорания топливом, делают пористой и прокачивают сквозь эти поры часть топлива. Испаряясь на внутренней поверхности трубы, топливо охлаждает ее и создает у поверхности прослойку холодного газа.

Надо ли добавлять, что и такие пористые, способные «потеть» в жару трубы тоже можно изготовить только методом порошковой металлургии?

Этим же методом изготавливают удивительные пористые самосмазывающиеся подшипники. Поры в них заполняют маслом. Едва подшипник нагревается, масло, расширяясь, начинает выходить из пор и создавать смазывающую прослойку. При остывании масло впитывается назад, как вода в губку.

Методом порошковой металлургии готовят тончайшие фильтры и фрикционные накладки муфт сцепления, шестерни и кулачки, шайбы и сердечники электромагнитов, щетки динамомашин и электрические контакты точных приборов и так далее и так далее, ибо уже сегодня нельзя перечислить все, что делается этим методом, а завтра этот список удвоится и утроится...

Вот методами порошковой металлургии и можно изготавливать из блистательного бериллия, как и из многих других металлов, детали машин, аппаратов, приборов.

Как известно, пирамиды, в которых древние египтяне хоронили своих фараонов, были разграблены еще в древности. Были разграблены и скальные погребения египетских царей. И только случайно дошло до нашего времени потерянное еще в древности захоронение фараона Тутанхамона, жившего в XIV в. до н. э.

Много интересного нашли в его гробнице историки, когда в 1922 году впервые спустились по извилистым ходам, пробитым в скале, в погребное жилище фараона. Видимо, Тутанхамон отличался особенной любовью к произведениям искусства — гробница была прямо нафарширована ими. И среди них были обнаружены кинжалы, украшенные порошковым золотом.

Вот, оказывается, где истоки порошковой металлургии!

Впрочем, не одни египтяне, а и древние обитатели Америки — инки

умели получать изделия спеканием порошков драгоценных металлов. Но на многие столетия было забыто древнее искусство. Развитие металлургии пошло по другому пути.

Только в начале XIX века, когда впервые встал вопрос о методе изготовления предметов из тугоплавких металлов, вновь ненадолго воскресло забытое мастерство. Воскресил его выдающийся русский металлург Петр Григорьевич Соболевский.

Он применил метод порошковой металлургии для изготовления монет и медалей из платины. Расплавить ее было в те годы практически невозможно: ведь для этого нужна температура в 1773 градуса. Соболевский закладывал в форму очищенную губчатую платину, полученную химической обработкой природных минералов, подвергал ее прессованию, затем нагреванию и еще раз прессованию. Получились плотные металлические изделия. Это было в 1826 году.

Несколько десятков лет пользовались и у нас в стране и за рубежом методом русского металлурга. Затем платину научились плавить. И снова на много десятилетий умерла порошковая металлургия.

Она возродилась на рубеже XX века и теперь уже не сдаст завоеванных позиций. Даже наоборот: она будет захватывать все новые области применения.

А НЕТ ЛИ ДРУГИХ ПУТЕЙ?

Это нелегко — получить металлический бериллий. Так же как в производстве алюминия, первым этапом здесь является получение чистой окиси бериллия.

Конечно, не редкие лучезарные драгоценные камни используют в качестве бериллиевой руды, а технический берилл, бесцветные или серовато-грязного цвета кристаллы которого встречаются во многих местах земного шара.

Процесс получения чистой окиси бериллия включает в себя плавку берилла с известью в электрических печах, гранулирование, сульфатизацию, выщелачивание сульфата алюминия, выпаривание, осаживание квасцов, центрифугирование, кристаллизацию, сушку... Длинная-длинная цепочка операций, в результате которых удастся получить довольно чистую окись бериллия. Но и это еще не конец: окись бериллия в специальной печи переводят в хлорид бериллия. Это соединение выделяется из печи в виде газа, который затем конденсируется, и только тогда начинается электролиз бериллия.

Так как этот процесс осуществляется при температуре всего в 350 градусов, бериллий выделяется в твердом виде, чешуйками. Их снима-

ют, промывают, высушивают и спрессовывают в брикеты. Эти брикеты сплавляют в компактный металл в атмосфере водорода при температуре в 1400 градусов. Окончательную переплавку и разливку бериллия осуществляют в вакуумной электропечи. Из получаемого металла отливают цилиндрические прутки. Они содержат не более 0,2 процента примесей, главным образом окиси бериллия.

Для изготовления «окон» рентгеновских трубок от такого стерженька бериллия отрезают карборундовым кругом ломтик-диск толщиной в 2,5—3 мм. Его остается только отполировать.

Есть и другой способ получения бериллия — термический. Но он не проще и не легче описанного, хотя и чаще применяется.

Тонкое, почти ювелирное производство. Сколько труда приходится затрачивать, чтобы получить крылатые металлы — алюминий, магний, бериллий! А нет ли других, более прямых путей получения этих металлов, вроде тех, которыми получают железо? Чтобы сразу в огне доменные ушли в шлак все вредные примеси и остался один металл.

Такие пути давно ищут металлурги во всех странах мира, где существует производство крылатых металлов, и кое-какие успехи уже достигнуты.

Уже получили путевку в жизнь термические способы изготовления магния из его окиси. Восстановление металла осуществляется в электропечах углеродом нефтяного кокса. Металлический магний в виде газа удаляется из печи, работающей при температуре в 1950—2050 градусов, охлаждается и собирается в виде пыли, улавливаемой мешочными фильтрами. Осуществляется и получение магния вытеснением его из окиси металлическим алюминием.

Сложнее обстоит дело с алюминием и бериллием. Дело в том, что оба эти металла энергично и прочно соединяются с углеродом, образуя карбиды. Поэтому для получения этих металлов восстановлением углеродом нужно участие второго металла, который растворял бы образующийся металл, предохраняя его от соприкосновения с углеродом.

Таким способом получают меднобериллиевые и никелебериллиевые сплавы. Очевидно, что в этих случаях растворяющими бериллий металлами были медь и никель.

Таким же способом в электропечах получают сплав алюминия с кремнием — так называемый силикоалюминий. Путем дальнейшей переработки из силикоалюминия можно получать и чистый алюминий.

Превратят ли будущие металлурги эти почти не хоженные сегодня пути получения крылатых металлов в столбовую дорогу? Вряд ли. По всей вероятности, будут совершенствоваться уже проложенные пути, связанные с электролизом расплавленных соединений. Но, может быть...

Да, история науки знает немало случаев, когда внезапно резко изменялся весь путь развития целой отрасли производства. Может быть, еще не открыт самый простой и экономичный способ получения этих металлов. Получил же алюминий из глины, понятия не имея об электрическом токе, древнеримский металлург? И даже если это просто сказка, пусть она воодушевляет на новые поиски...

САМЫЙ ЛЕГКИЙ

Литий является самым легким из металлов. Его удельный вес равен 0,534. Он вдвое легче воды, в 15 раз легче железа. Вот бы из него строить самолеты и космические ракеты!

Однако все остальные свойства лития как будто специально подобраны такими, чтобы это как можно дольше оставалось манящей мечтой для инженеров-конструкторов. Ибо...

По своим механическим свойствам легкий литий напоминает тяжелый свинец. Он такой же мягкий и непрочный. Попробуйте представить себе в сверхзвуковом полете крыло самолета, сделанное из такого податливого и непрочного металла.

Литий плавится при температуре в 186 градусов. При температуре в 1336 градусов он кипит. Однако на открытом воздухе уже при температуре около 600 градусов он загорается.

Да, незавидная перспектива — оказаться в кабине ионосферной космической ракеты, сделанной из лития! Случайно брошенная спичка уже может проплавить в нем дыру. Опасно будет уронить горящий пепел папиросы, не говоря уже о неизбежном сильном аэродинамическом нагреве от трения об атмосферу.

Литий соединяется при комнатной температуре и с азотом и с кислородом воздуха. Если оставить кусок лития в стеклянной банке с притертой пробкой, вы рискуете потом не открыть этой пробки совсем: литий поглотит весь воздух в банке, там образуется вакуум, и атмосферное давление накрепко вдавит пробку.

Не сможет долго ожидать пассажиров летательный аппарат, изготовленный из лития. Пока идет посадка, он весь превратится в соединения лития с азотом и кислородом, рассыпется коричневатым порошком.

Трудно окажется пилотам и космической ракеты, сделанной из лития. В атмосферах многих планет имеется большое количество водорода. Он — основной компонент и межпланетного газа. А литий еще более активно, чем с кислородом и азотом, соединяется с водородом. Огромные его количества по объему можно связать ничтожным количеством ли-



«...и он приказал ему, и грозный дух сжался, сморщился и послушно залез в узкое горлышко сосуда».

тия. Один килограмм гидрата лития (так называется его соединение с водородом) уместится в коробке для макарон. А ведь в нем содержится полторы тысячи литров водорода! Перевозить водород в виде соединения с литием в целом ряде случаев оказывается удобнее, чем в тяжелых стальных баллонах. Это одно из важнейших сегодня применений лития. Да и все другие применения лития сегодня — это применения его соединений и сплавов.

Гидрат лития является отличным раскислителем расплавленных металлов.

Едкий литий — соединение с кислородом и водородом — добавляют в электролит аккумуляторов. Это удлиняет срок их работы.

Смазки, в которые вводят некоторые соединения лития, меньше загустевают на морозе и разжижаются при повышении температуры. Они применяются в авиации.

Соли лития входят в состав специальных стекол, пропускающих ультрафиолетовые лучи. В стекле кинескопа вашего телевизора также содержится литий. Но главные применения лития все-таки впереди.

Что из того, что у чистого лития недостаточная прочность, высокая химическая активность, низкая температура плавления? И алюминий не рождается в электролитической ванне прочным, как сталь, и благородным, как платина. И прочность и устойчивость против химических воздействий придает ему человек, приспособивая для своих целей. Сумеет он приспособить и литий.

Техника уже знает целый ряд сплавов лития, обладающих некоторыми совсем не плохими свойствами. Так, сплав с алюминием, содержащий 20 процентов лития, плавится только при температуре в 720 градусов. Совсем не плохо! Сплав с цинком, содержащий 18 процентов лития, плавится при 520 градусах. И так далее и так далее.

Вполне возможно, что будут найдены способы упрочить литий, сделать его более коррозионно устойчивым, сохранив драгоценную легкость, — в общем, превратить литий в крылатый металл, который с восторгом за его отличные качества примут конструкторы, который унесет человека и за пределы родной планеты.

ТОПЛИВО МЕЖПЛАНЕТНЫХ КОРАБЛЕЙ

Взгляните на чертеж космической ракеты: вся она по существу состоит из одних баков с топливом — горючим и окислителем. Все остальное — пассажирские ли помещения космических лайнеров близкого будущего, помещения ли для автоматической аппаратуры сегодняшних лунных разведчиков, ракетные ли двигатели — занимает небольшое сравнительно место.

Много энергии надо затратить, чтобы разорвать оковы земного тяготения, чтобы прыгнуть с поверхности Земли в космический океан. Требуемая энергия и содержится в топливе ракеты. Но так как химическое топливо недостаточно энергоемко — может выделить сравнительно мало энергии на единицу веса, — его и приходится загружать в ракету в столь огромных количествах.

Всю жизнь искал Константин Эдуардович Циолковский, человек, указавший людям ту дорогу в небо, по которой сейчас и развивается штурм Вселенной, наиболее энергоемкие топлива. Он остановился на смеси кислорода и водорода. Каждый килограмм этой смеси при полном сгорании выделяет свыше 3 тысяч больших калорий тепла.

Это кажется страшно много. Ведь смесь керосина с кислородом при сгорании выделяет всего 2200 калорий, а килограмм нитроглицерина, одного из сильнейших известных сегодня взрывчатых веществ, при взрыве выделяет всего 1480 калорий тепла.

Но и работающая на водороде ракета получается громоздкой, тяжелой, неудобной. Ее приходится делать многоступенчатой. Нет, нужны лучшие топлива!

Конечно, в первую очередь приходит в голову идея использовать атомное горючее. И, конечно, работы в этом направлении ведутся во многих странах. Но создание атомных ракет наталкивается на целый ряд технических трудностей. И нельзя еще сказать, когда они будут преодолены.

А ведь еще в двадцатых годах этого века советский инженер Фридрих Аргунович Цандер предложил использовать в качестве горючего для космических ракет некоторые металлы.

Какие же? Да, конечно, те, которые дают при сгорании максимальное количество тепла. А к ним относятся как раз наши крылатые металлы.

Самое большое количество тепла выделяет при сгорании бериллий: 1 кг этого металла выделяет при соединении с кислородом 15 050 калорий!

На втором месте оказывается литий. Он при аналогичных условиях выделяет 10 270 калорий.

На третьем среди металлов — алюминий. Теплота образования его окисла — 7041 калория.

...Может быть, не только крылья самолетов и корпуса космических ракет будущего будут делать из сплавов бериллия и лития. Может быть, и в соплах их ракетных двигателей будет рокотать пламя сгорающих бериллия и лития...

Не этим ли металлам суждено быть первыми помощниками человека в завоевании Вселенной?

ПОИСКИ ВОЗМОЖНЫХ СОПЕРНИКОВ

Рассказывают, на спортивном празднике в Ташкенте лет пятнадцать-двадцать назад был такой случай.

Шли соревнования по метанию диска. Чемпионы республики, мастера спорта, напрягая все силы, помноженные на высочайшую технику, старались забросить диск как можно дальше. Каждый десяток сантиметров был большим достижением, а лишние полметра стадион приветствовал грохотом восторженных рукоплесканий.

И тогда с трибун сошел широкоплечий парень, одетый в костюм чабана. Ничто не выявляло в нем спортсмена. Он сбросил халат и остался в яркой шелковой рубахе.

— Дайте я попробую, — попросил он диск у судейского столика.

Вероятно, смеха ради, диск ему дали. Он взял его очень неумело — явно первый раз в жизни. Потом приспособился, взмахнул рукой, и спортивный снаряд со свистом взлетел в прозрачную голубизну неба. Затаив дыхание, следил за его полетом стадион. Словно одной грудью ахнул он, когда диск упал дальше самых дальних отметок соревнования.

Говорят, из паренька получился мастер спорта, который многократно защищал потом честь страны на международных соревнованиях.

А тогда это был неожиданный соперник, которого не могли принять во внимание самые изощренные знатоки спорта.

Ну, а мы, рассматривая претендентов на звание крылатого металла, не проглядели возможного победителя в этом соревновании? Какие еще металлы могут претендовать на это место?

Они все сосредоточены в левой части периодической системы элементов.

К литию снизу примыкает клетка, в которой прописан щелочной металл натрий. Он был впервые получен электролизом английским химиком Г. Дэви в 1807 году.

Натрия очень много в земной коре — около 2,64 процента по весу. Огромные количества его растворены в морской воде. Обыкновенная поваренная соль — это соединение натрия и хлора. Значит, это не редкий металл и в случае нужды можно организовать его добычу в любых практически мыслимых масштабах.

Натрий — очень мягкий и легкоплавкий металл. Его можно резать ножом, как сыр, а на крышке кипящего чайника он уже плавится — для этого надо температуру в 98 градусов. При 883 градусах он кипит — над ним вздымаются пурпурно-красные облака пара.

Это уже очень неподходящие свойства для крылатого металла. Ведь он должен уметь выдерживать и значительные напряжения, причем не только статические, а внезапные удары и жесткую вибрацию. И, конечно, он должен быть более стойким к температурным воздейст-



Может быть, возьмут хоть пассажиром?

виям. Нельзя, чтобы металл самолета плавился от случайно упавшего на него окурка!

Удельный вес натрия очень невысок — всего 0,97 г на куб. см. Натрий плавает в воде. Это очень важное для крылатого металла свойство.

Натрий чрезвычайно химически активный элемент. На воздухе он стремительно окисляется, поэтому его хранят только под слоем керосина. Он энергично взаимодействует и с водой. Непосредственно соединяется с серой, йодом, хлором...

Нет, трудно ожидать от этого металла, который только и думает, кажется, о том, как бы ему соединиться с каким-нибудь другим элементом, что из него будут строить крылья будущих ионолетов.

Хотя все бывает! Может быть, завтра найдут легирующую добавку, которая придаст натрию и жаропрочность и химическую стойкость. Может быть, новый вид термообработки позволит улучшить его конструкционные свойства. А пока он работает в меру своих возможностей.

Натрия добывают на земном шаре в год около 50 тысяч тонн. Этот металл идет в металлургию — как энергичный восстановитель для производства таких, например, металлов, как цирконий. Использует его и химическая промышленность. В частности, он участвует в производстве синтетического каучука. Значительное количество натрия перерабатывается и на его соединения — цианистый натрий, перекись натрия и т. д.

Следующий возможный претендент в крылатые металлы — калий.

Этого металла также очень много в природе. Земная кора содержит по весу 2,6 процента калия. Он входит в состав многих горных пород, растворен в морской воде, содержится в живых организмах. Гигантские водоросли макрофиты содержат калий в огромных количествах — до 3 процентов.

«Основой жизни растений» назван калий академиком А. Е. Ферсманом.

Отсюда одно из важнейших применений калия — для производства удобрений. Калий — металл плодородия. Наша страна обладает грандиознейшими залежами калийных солей. Их открыл в начале нашего века Н. С. Курнаков. И ныне 90 процентов всех добываемых солей калия используется в качестве удобрения.

Но металл плодородия вряд ли обретет крылья.

Его свойства впервые описал получивший этот металл в чистом виде в 1807 году Г. Дэви. Калий очень мягок — еще мягче натрия. Его удельный вес крайне привлекателен — 0,86 г на куб. см, он легче натрия. Но и плавится он при еще более низкой температуре — 62 градусах и кипит всего при 760 градусах. Калий кажется по всем свойствам двойником натрия. Не зря до середины XVIII века путали их соединения. Но вот пары калия резко отличаются от паров натрия: они не пурпурно-красные, а синевато-зеленые.

Химическая активность калия еще выше, чем у натрия. Он окисляется прямо во влажном воздухе, жадно поглощая из него влагу. Бурно реагирует с водой, выделяя водород. Киньте крупинку калия в тарелку с водой — и она начинает бегать, шипя, по ее поверхности. Миг, и над ней загорится яркий огонек — это вспыхивает выделяемый из разлагающейся воды водород. Калий соединяется буквально со всеми неметаллами.

Трудно ожидать от этого, еще более, чем натрия, неподходящего металла, что он обретет когда-нибудь крылья.

Мы говорили об основном применении соединений калия — для производства химических удобрений. Используют и его сплав с натрием, жидкий при обычных температурах, в различных термометрах. Вероятно, найдет себе применение радиоактивный изотоп кальция, которому геохимики приписывают очень значительное влияние на общую историю нашей планеты.

Спустимся еще на одну клетку-ступеньку в периодической таблице. В этой клетке, расположенной непосредственно под калием, мы найдем рубидий.

Этот металл открыли в 1861 году немецкие ученые Г. Кирхгоф и Р. Бунзен, открыли новым методом — спектральным анализом. Имя ему было дано за яркие темно-красные линии в спектре, благодаря которым его и обнаружили исследователи.

Рубидия значительно меньше в земной коре, чем натрия и калия, — всего 0,03 процента по весу. Но это еще не причина для того, чтобы отказать от этого металла. Многих широко распространенных в технике металлов еще меньше содержится в земной коре, чем рубидия.

Впрочем, скажем сразу: и этот металл не может претендовать на право обрести крылья. Он тяжелее и натрия и калия, его удельный вес — 1,5 г на куб. см. Но он мягче и натрия и калия и плавится при еще более низкой температуре — всего в 39 градусов.

Совершенно уникальна химическая активность этого металла. Уже при простом соприкосновении с воздухом он вспыхивает и сгорает до конца. Воду разлагает столь энергично, что, кажется, он взрывается, как порох. Даже при охлаждении до 108 градусов он вытесняет водород из льда. Уже при 300 градусах пары рубидия разрушают стекло, вытесняя кремний... Кажется, нет неметалла, с которым он тут же не вступал бы в энергичную реакцию. Получают рубидий в вакууме, хранят под слоем керосина.

Практических применений этот чрезвычайно энергичный металл почти не имеет.

Что ж, посмотрим еще один металл из этой же первой группы периодической системы. Это цезий, он расположен под рубидием.

Цезий был открыт в 1860 году теми же немецкими учеными, что и рубидий, — Г. Кирхгофом и Р. Бунзеном. Обнаружили они его тоже методом спектрального анализа и имя дали по цвету его характерной в спектре голубой линии. Слово «цезий» и означает «голубой».

Цезий — самый тяжелый из рассмотренных нами щелочных металлов, его удельный вес равен 1,9 г на куб. см. Он и самый легкоплавкий

из них и вообще самый легкоплавкий после ртути металл на Земле. Его можно растопить теплом ладони — уже при 28 градусах он становится жидким.

Но не приведи вас положить крупинку цезия на голую ладонь! Ведь в воздухе он мгновенно воспламеняется. Впрочем, воспламеняется он и в атмосфере хлора или при соприкосновении с фтором. С серой и фосфором он соединяется со взрывом. Вряд ли стоит вспоминать, что и с водой он реагирует не менее энергично. При 300 градусах он разрушает и стекло, и кварц, вытесняя кремний.

Люди научились использовать высокую химическую активность цезия. Крохотную крупинку его помещают в вакуумную электрическую лампочку. И уже можно не сомневаться, что вакуум в ней не будет выше необходимого. Весь воздух, который не удастся откачать насосом, будет поглощен крупинкой этого металла. А чтобы придать ему устойчивость, его сплавляют с кальцием и барием.

Цезий находит и другое чрезвычайно важное и своеобразное применение в промышленности.

...26 февраля 1888 года знаменитый русский физик А. Г. Столетов в лаборатории Московского университета произвел такой интереснейший опыт.

К отрицательному полюсу гальванической батареи он присоединил цинковый диск, к положительному — металлическую сетку, поставленную напротив диска. Получилась разомкнутая электрическая цепь. Ток по этой цепи не шел: стрелка включенного в цепь гальванометра неподвижно стояла на нуле.

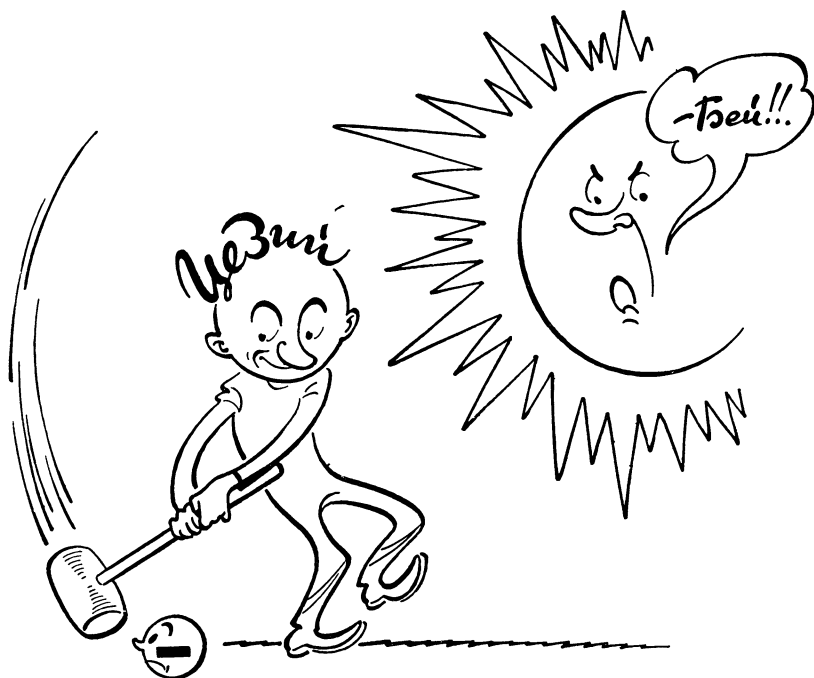
Но вот Столетов направил на цинковую пластинку сильный луч света, и тотчас же сдвинулась с нуля стрелка гальванометра — по цепи пошел ток. Ученый усилил свет — стрелка отошла еще дальше, ток в цепи сразу же возрос. Он выключил свет, и стрелка гальванометра бесильно упала на нуль — ток в цепи пропал. Казалось, это луч света замыкал разомкнутое пространство цепи.

Так было открыто новое явление природы — фотоэффект. А созданный Столетовым прибор можно по праву назвать первым в мире фотоэлементом.

В чем сущность фотоэффекта?

Носителем элементарного электрического заряда является электрон. Под действием света из некоторых химических элементов вылетают электроны. Упорядочив движение этих вырванных светом электронов, создав поток электронов, мы получим электрический ток.

Одним из элементов, способных выбрасывать электроны под действием света, является цинк. В фотоэффекте Столетова выбитые светом из



Среди металлов он слывет мастером электронного гольфа.

цинковой пластинки электроны под действием притяжения положительно заряженной сетки устремились к ней. В цепи возникал электрический ток.

Но далеко не все металлы обладают свойством выбрасывать под действием света электроны. И, скажем прямо, цинк обладает в этом смысле отнюдь не лучшими показателями. Особую атомную структуру должен иметь металл, чтобы легко расставаться со своими электронами.

Именно такой структурой и обладают щелочные металлы. Они имеют один электрон, находящийся далеко от ядра, на внешней электронной оболочке. Особенно далеко он расположен в атоме цезия. Поэтому цезий, легко расстающийся со своим электроном, и является лучшим металлом для фотоэлементов.

Однако применить для этой цели цезий нелегко: ведь он плавится уже при комнатной температуре. Поэтому цезий наносят на окисел серебра. Делают фотоэлементы и из сплавов сурьмы с цезием.

Фотоэлементы властно вторглись во многие отрасли современной

техники. Их внимательные электрические глаза читают запись на звуковой дорожке звукового кинофильма, помогают передавать по проводам фототелеграммы, не пропустив ни одного знака в чертеже, который срочно нужен в другом городе, не изменив ни одного штриха в вашей подписи. Фотоэлементы позволяют передать движущиеся изображения из студии телевидения на сотни тысяч экранов телевизоров. Фотоэлементы работают во всех автоматических устройствах, в которых необходимо следить за изменением цвета или света, за прозрачностью раствора или яркостью свечения расплавленного металла. Они наблюдают за положением изделия и считают детали, сходящие с конвейера.

И почти во всех из этих устройств — а их становится все больше и больше — работают легко отдающие свой внешний электрон атомы цезия. Вот какое важное дело нашел себе этот металл! Он работает на основном направлении технического развития нашего народного хозяйства — в автоматизации производства.

А крылатого металла из него, видимо, не получится. Он не соперник алюминия, магния, берилия, а их попутчик. Но в космический полет он отправится в автоматических приборах звездолета, а не в его обшивке и двигателе.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПОИСКОВ

А может быть, соперники скрываются во второй группе периодической системы? Рядом с магнием — общепризнанным крылатым металлом? Под ним расположены три щелочноземельных металла: кальций, стронций и барий.

Все они в металлическом виде впервые были получены в 1808 году.

Первый непосредственный сосед магния — кальций.

Это металл очень распространенный. Земная кора состоит на 3,6 процента по весу из кальция. Он играет огромную роль и в органическом мире. Лишь редкие организмы, например некоторые простейшие грибки, могут существовать в среде без кальция. Другие же организмы, наоборот, концентрируют кальций. Некоторые вредосли, моллюски содержат до 38 процентов этого металла. Организм человека на 1,4 процента состоит из кальция, сосредоточенного главным образом в костях скелета.

В чистом виде в природе кальций не встречается. А с природными соединениями кальция знакомы все. Это и мрамор, и известняк, и гипс, и раковины морских и речных улиток.

В настоящее время кальций получают электролизом. Это мягкий металл, плавящийся при 851 градусе и кипящий при 1439 градусах.

Удельный вес его — 1,55 г на куб. см. Химически он также очень активен: окисляется на воздухе, с водой и кислотами бурно реагирует, выделяя водород. Хранят его под слоем керосина.

Конечно, как конструктивный материал кальций применения найти не может. Однако он входит в состав подшипниковых сплавов, не содержащих олова. Кроме того, он применяется в качестве раскислителя и восстановителя в металлургии.

Не будем здесь говорить о применении соединений кальция — их слишком много. Огромное количество строительных материалов — известь, гипс, мел, известняк, алебастр, мрамор, цемент, стекло и т. д. — все это соединения кальция. Они могли бы быть темой специальной книги. А здесь мы только упомянем о них.

Следующую клетку этого ряда занимает стронций. Это значительно менее распространенный в природе металл, чем кальций. Однако он образует самостоятельные минералы — целестин, стронцинат и другие и может добываться в довольно значительных количествах.

Стронций тяжелее кальция, его удельный вес — около 2,6 г на куб. см. Он обладает значительной пластичностью, хорошо куется. Плавится при 752 градусах, кипит при 1366 градусах.

На воздухе стронций сразу же покрывается желтоватой пленкой окисла. Воду разлагает еще энергичнее, чем кальций.

Стронций окрашивает пламя в яркий карминово-красный цвет. Сигнальные ракеты фейерверков содержат в себе соли этого металла.

Ракеты — одно из немногих применений стронция. Кроме этого, его соединения применяются в медицине и производстве малярных красок. Они входят в состав некоторых консистентных смазок, отличающихся высокой стойкостью.

Барий, занимающий следующую под стронцием клетку, значительно тяжелее своих предшественников. Его удельный вес — 3,5 г на куб. см. Надо иметь чрезвычайно хорошие конструктивные качества, чтобы, обладая таким удельным весом, претендовать на право быть крылатым металлом. Скажем сразу: барий такими качествами тоже не обладает.

Барий — мягкий белый металл, блестящая поверхность которого мгновенно покрывается пленкой окисла. Он взаимодействует не только с кислородом и водой, но и с азотом и водородом. Как и все другие металлы-буяны, барий хранят под слоем керосина.

Металлический барий почти не имеет применения. Только в некоторых подшипниковых сплавах на свинцовой основе содержатся небольшие количества бария.

Интересно одно из применений серноокислого бария в медицине. Этим веществом в смеси с манной кашей завтракает человек, которому необходимо пройти рентгеновское исследование органов пищеварения. При просвечивании рентгеновскими лучами серноокислый барий создает тень, позволяя отчетливо рассмотреть очертания желудка и кишечника.

...По всей вероятности, будущие астронавты возьмут с собой в космический рейс и кальций, и стронций, и барий. Вероятно, кальций окажется в составе искусственных почв оранжереи, которая будет снабжать астронавтов растительной пищей. Может быть, стронциевые ракеты будут служить им для сигнализации на чужой планете, или фейерверком они захотят отметить свой прилет туда. Не исключено, что в их походной аптечке окажутся и соединения бария.

Но крылатыми металлами ни одному из них, вероятно, не стать. У них другие судьбы, другие, еще не найденные службы человеку.

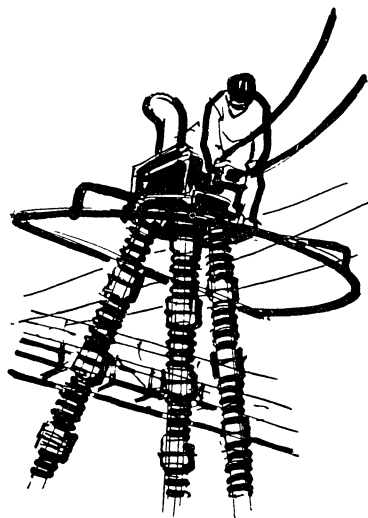
Так что же, нет у крылатых металлов — алюминия, магния, бериллия, лития — соперников в периодической таблице?

Есть. Это металл, который расположен в четвертой группе элементов. Его имя — титан. Но о нем — позже.



VII

МЕТАЛЛ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЕГО СОСЕДИ



С медью человек впервые познакомился на ранней заре своей истории. Наверное, покрытые ярко-зеленой пленкой окисла ноздреватые самородки красного металла первыми попали в его руки. Но вряд ли оценили первобытные металлурги этот мягкий, непрочный металл.

Он стал другом человека, когда соединился в единый сплав с оловом. Бронза! Это звонкое слово дало имя целой эпохе в истории человечества. Бронзовый меч начал теснить каменный топор, бронзовый лемех победил деревянную соху. Для пушек и колоколов, домашней утвари и орудий труда в течение многих тысячелетий лучшим материалом считалась бронза.

Настал век железа, но не кончился век меди. Оба металла соседствовали на службе человеку, взаимно дополняя друг друга. Росло про-

28 Ni Никель 58,69	29 Cu Медь 63,54	30 Zn Цинк 65,38	
			50 Sn Олово 118,77

изводство чугуна и стали, но росло и производство меди. Правда, оно росло медленнее, но ведь наиболее богатые и удобные для разработки залежи медных руд были выработаны еще в глубокой древности. Медь оказалась дороже железа. Это в значительной мере и определило ее отставание.

Но вот человек поставил себе на службу могучую силу электричества, и открылось новое драгоценное свойство меди — ее высокая электропроводность. Железо не смогло конкурировать в этом с медью. И медь, та самая чистая медь, которую с презрением отбросили древние металлурги, которую укрепляли сплавом с оловом мастера бронзового века, стала основным металлом электротехники. Словно настало второе рождение меди.

Медь сегодня — это высоковольтные линии, русла электрических

рек, это электрические сердца станков и машин, это тонкая схема радио и телеприемника.

В 1913 году во всем мире было добыто 952 тысячи тонн металла электротехники. В 1952 году эта цифра поднялась до 2652 тысяч тонн. А в 1958 году она достигла 3370 тысяч тонн.

Стремительно растет производство меди и в нашей стране. В 1913 году в царской России было выплавлено 34 тысячи тонн меди. Отгремела разрушительная война и интервенция. И уже к 1926 году было достигнуто довоенное производство этого металла.

«Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны», — сказал великий Ленин. Советский народ принял к исполнению гениальный лозунг своего вождя. С плана ГОЭЛРО началась электрификация нашей страны. Днепрогэс, Волжская ГЭС им. В. И. Ленина, Братская ГЭС, многочисленные гигантские тепловые электростанции, первые в мире атомные — это только отдельные вехи выполнения грандиозного плана полной электрификации нашей Родины.

Стране было нужно огромное количество главного металла электротехники — меди. В годы первой пятилетки были построены крупные медеплавильные заводы — Красноуральский и Карсакпайский в Казахстане. Третья пятилетка ввела в строй действующие медеплавильные гиганты — Балхашский завод в Казахстане и Среднеуральский на Ревде. На Южном Урале дал медь Медногорский завод.

В годы идущей семилетки предполагается еще почти удвоить производство меди в нашей стране.

ЕЕ СВОЙСТВА

Медь имеет розово-красный, отличный от других металлов цвет. Она ковкая и тягуча. Удельный вес меди — 8,95 г на куб. см — даже больше, чем у железа. Зато плавится медь при значительно более низкой температуре — всего при 1083 градусах, а при 2360 она уже кипит.

Нет, не эти физические свойства определяют сегодня широкое применение меди. В первую очередь это ее отличная электропроводность и теплопроводность.

Только драгоценное серебро обладает лучшими показателями этих свойств. Два металла возглавляют таблицы, где вещества расположены по мере убывания электропроводности и теплопроводности. Все остальные распространенные в технике металлы значительно уступают им по этим свойствам. Так, железо обладает в 5 раз большим удельным электросопротивлением, чем медь, алюминий — в 1,5 раза большим, цинк — в 3 раза, вольфрам — в 12 раз, а титан — в 35 раз большим, чем медь.

Примерно таково же соотношение и между теплопроводностями разных металлов. Теплопроводность меди в 5 раз больше, чем у железа, почти в 2 раза больше, чем у алюминия, в 6,5 раза больше, чем у никеля.

Почему же медь не стала металлом теплотехники, как она стала металлом электротехники? Почему не делают медными паровые котлы, батареи парового отопления, трубы разнообразнейших теплообменников?

Причин этому несколько. Во-первых, медь недостаточно прочный металл. Во-вторых, она дороговата для того, чтобы отливать из нее, например, батареи отопления. И, в-третьих, применение меди во всех этих случаях не приносит больших выгод по сравнению с чугуном и сталью.

Дело в том, что передача тепла от воды через стенку батареи отопления воздуху комнаты — вовсе не такой уж простой процесс. Теплотехник различает в нем целый ряд этапов. Первый из них — передача тепла от горячей воды металлу батареи. Скорость этой передачи зависит от бесчисленных факторов — скорости течения воды, омывающей металлическую стенку, чистоты ее поверхности и т. д. Второй этап — передача тепла через слой металла. Вот ее-то и определяет тот коэффициент теплопроводности, который особенно велик у меди. И, наконец, третий этап — переход тепла от металла к воздуху.

И оказывается, что значение скорости передачи тепла сквозь стенку почти не изменяет скорости теплопередачи от воды воздуху, так как наиболее трудными этапами передачи тепла являются переходы его от воды к металлу и от металла к воздуху.

Вот почему медь не стала металлом теплотехники.

РУДЫ СТАНОВЯТСЯ БЕДНЕЕ...

Древние металлурги были в лучшем положении, чем современные. В их распоряжении были нетронутые сокровища планеты. Они имели возможность брать то, что лежит на самой поверхности, что само, можно сказать, дается в руки. А последующим поколениям остается только то, чего предшествующие случайно не нашли или до чего не смогли добраться.

Но у них, древних мастеров, не было наших знаний, нашего умения. И хотя нам приходится иметь дело с худшими месторождениями, результаты человеческого труда несравненно выше у нас, чем у древних.

Может быть, лучшим подтверждением этому служит история добычи самого древнего из добываемых в массовом количестве металлов — меди.



Поневоле позавидуешь!

Конечно же, в первую очередь во все времена металлурги разрабатывали наиболее богатые руды этого металла. По всей вероятности, не менее 25 процентов меди содержалось в руде острова Кипра, по имени которого и названа по-латински медь — «купрум». Не худшими были, вероятно, и древние месторождения Испании, разрабатывавшиеся еще за 100 лет до нашей эры. Постепенно истощались богатые залежи медной руды, но еще сто лет назад рентабельными считались лишь те руды, что содержали не менее 10—15 процентов меди. Сегодня такие руды встречаются еще только в некоторых месторождениях Конго, на Черном материке, к богатствам которого несколько позже прорвались европейские капиталисты. А обычное содержание меди в большинстве разрабатываемых сегодня месторождений не превышает 2—3 процентов.

И все-таки эти месторождения считаются рентабельными. Мало того, рентабельным считается сегодня разработка даже тех месторождений, которые содержат всего 0,6—0,5 процента меди. Сделала их рентабельными новая технология производства.

Еще до начала нашего века основным способом извлечения меди из руд была непосредственная выплавка. При этом руда подвергалась плавке, в результате которой в печи получались две не смешивающиеся друг с другом жидкости. Одна из этих жидкостей и была черновой медью, или штейном, а другая — шлаком, в который уходила большая часть пустой породы.

Не стоит даже пытаться получить таким способом медь из руды, содержащей 0,5 процента металла. Во-первых, почти все топливо уйдет на плавление пустой породы. Во-вторых, меди получится так мало, что вся она растворится в шлаке.

Поэтому в настоящее время непосредственной переплавке подвергают лишь незначительную часть самых богатых руд да еще иногда те руды, которые содержат в себе серу. Плавка таких руд ведется при пониженном расходе кокса и рассчитана на одновременное получение серной кислоты или серы.

Сульфидные, то есть содержащие серу, медные руды, не очень богатые медью, в настоящее время прежде всего проходят обогащение. Медная руда отделяется от пустой породы и от руд других металлов. А «медный концентрат» уже подвергается плавке на штейн, как говорят металлурги.

Окисленные медные руды, то есть те, что содержат соединения меди с кислородом, перерабатываются гидрометаллургическим способом. Медь переходит при этом в раствор, пустая порода остается в твердом виде. Из раствора медь выделяется в электролизной ванне.

Основным из трех перечисленных способов является обогащение с последующей переплавкой. Таким способом в нашей стране добывается 75 процентов меди и не менее 80 процентов во всем мире.

Медные руды очень редко не содержат в себе других ценных металлов. Поэтому обычно проводят селективную флотацию, при которой получают целый ряд концентратов, помимо медного: цинковый, кобальтовый, молибденовый и т. д.

Вот и причины, по которым стало рентабельным перерабатывать даже самые бедные медные руды. Появилась техника обогащения, которая позволила выделить из руды частицы, содержащие медь, и не тратить драгоценное топливо на плавку пустой породы. Появилось умение выделить из медной руды частицы, содержащие другие металлы.

Из бедных, нерентабельных, с точки зрения прошлого века, руд человек научился получать больше, чем получал раньше из самых богатых месторождений.

Итак, медный концентрат поступил с обогатительной фабрики на медеплавильный завод. Первый процесс, которому подвергают здесь сульфидные руды, называется обжигом.

Он ведется в многоподовых обжиговых печах и круглых башнях высотой в добрый десяток метров. В центре этой башни проходит пустотелый вал диаметром в метра полтора, к которому приделаны специальные перегреватели. При вращении вала их гребки передвигают мелко раздробленную сульфидную руду по подам — этажам печи. В этих подах имеются специальные отверстия, сквозь которые руда постепенно спускается с этажа на этаж. Вращение центрального вала осуществляет специальный электромотор.

Шихта перемещается в такой печи сверху вниз. Газы горения — на встречу шихте, снизу вверх. Обжиговые газы содержат в своем составе около 7 процентов сернистого газа — ценнейшего сырья для производства серной кислоты. В печь загружают не только концентраты руды, но и флюсы. Они в печи хорошо перемешиваются. Иногда в шихту добавляют очень небольшой процент — 2—4 кг — пылевидного угля. Обычно же топливо расходуется только на разогрев печи, а в дальнейшем она работает за счет тепла, выделяющегося при обжиге руды. Максимальная температура газов в печи достигает 750—800 градусов.

Такие печи, разных диаметров, с разным количеством подов, можно еще увидеть на многих медеплавильных заводах. Но, может быть, их дни уже сочтены, ибо найден новый, лучший способ осуществлять процессы обжига. Этот способ называется обжигом в кипящем слое.

КИПАЩИЙ СЛОЙ

Как хорошо идут разнообразнейшие химические реакции между двумя жидкими веществами! Надо только слить содержимое двух пробирок и взболтать для перемешивания. Еще лучше идут различные реакции между двумя газообразными веществами. Объясняется это тем, что площадь соприкосновения двух жидких или газообразных веществ очень велика. Даже если жидкости не растворяются друг в друге, можно всегда создать эмульсию, раздробив одну из жидкостей на крохотные капельки. Общая поверхность этих капелек может быть грандиозной.

Значительно труднее обеспечить быстрый ход реакции между твердым телом и жидкостью. Опустите кусок мела в уксусную эссенцию — начнут энергично выделяться пузырьки углекислого газа. Но реакция идет только по поверхности кусочка мела, а она невелика.

Чтобы ускорить процесс, кусочек мела надо раздробить. Поверхность раздробленных кусочков окажется значительно большей, чем у целого куска, и процесс пойдет быстрее. Так же быстрее пойдет процесс реагирования твердого вещества с газом, если твердое вещество раздробить в порошок.

Но это еще не все. Конечно, груда опилок ржавеет быстрее, чем стальная болванка, содержащая столько же металла. Но еще быстрее ржавели бы эти опилки, если бы они были распылены в воздухе. Известно даже, что, будучи распылены в воздухе, нередко взрываются абсолютно негорючие вещества, вроде муки или некоторых металлов. Вот как увеличивает тонкое распыление их способность вступать в химические реакции.

Такое распыление осуществляют уже и в промышленных установках. Например, на крупных тепловых электростанциях нередко каменный уголь размалывают в тончайшую пыль и эту пыль вдувают вместе с воздухом в топку. Там эта пыль сгорает почти мгновенно, как струя газа, во взвешенном состоянии могучим жарким факелом. Топки этого типа так и называются — пылеугольные. Процесс сгорания твердого топлива в них идет значительно интенсивнее, чем в обычных топках, где сгорают крупные куски наваленного пластом каменного угля.

Процесс обжига — это тоже группа химических реакций, в ходе которых из медной руды выгорает сера и место соединений меди с серой занимают окислы меди — ее соединения с кислородом. Чтобы этот процесс шел интенсивнее, руду предварительно измельчают, а на подах печи непрерывно перемешивают.

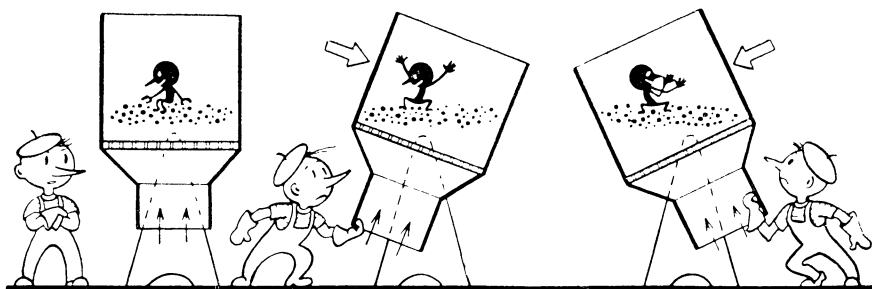
А нельзя ли распылить и руду в воздухе? Нельзя ли и обжиг осуществлять так же, как производится сжигание каменноугольной пыли?

Оказывается, можно. Для этой цели строят специальные печи, в поды которых встраивают специальные сопла. Сквозь них вдувают нужный для реакций воздух, а сверху насыпают порошок руды. Струи воздуха поддерживают порошок во взвешенном состоянии. Частицы руды непрерывно перемещаются, сталкиваются друг с другом, соприкасаются с огромным количеством воздуха. И, конечно, реакция в этом случае протекает чрезвычайно быстро.

Если заглянуть в печь, в которой происходит такой обжиг, то вы увидите непрерывно волнуемую поверхность, вроде поверхности кипящей жидкости. Это и есть кипящий слой. Пылинки твердого вещества, пронизываемые потоками газа, ведут себя, как жидкость: так же перетекают через край сосуда, так же сохраняют горизонтальную поверхность, если сосуд нагнуть. Все это позволяет «вливать» подвергаемый обжигу порошок руды в одном месте печи, а «выливать» прореагировавшую шихту в другом.

Кипящий слой подобен жидкости и в других отношениях. Он, например, обладает большой теплопроводностью. В нем, как и в жидкости, происходит интенсивное перемешивание вещества. И то и другое свойство объясняются очень активным движением пылевых частиц.

Вот этот-то кипящий слой и начали применять инженеры для обжига медных руд. И оказалось, что реакция горения колчедана в кипя-



Одно из волшебных свойств кипящего слоя.

щем слое занимает всего несколько секунд, в то время как в механической печи этот процесс длится несколько часов.

Кипящий слой молод. Лишь немногим более двадцати пяти лет назад нашел он себе первое применение для газификации твердого топлива, но он с каждым днем все шире вторгается во все отрасли промышленности, где надо интенсифицировать реакции между твердым и газообразным веществами. Вот он-то и ставит под вопрос самое существование в будущем многоподовых печей для обжига медных сульфидных руд.

ОТ ОГАРКОВ К ЧИСТОМУ МЕТАЛЛУ

После обжига концентрат медной руды вместе с флюсом — известью обычно поступает на плавку в отражательную печь. Отапливаются они пылеугольным жидким или газообразным топливом. Так как газы, уходящие из такой печи, имеют температуру около 1200 градусов, оказалось рентабельным направлять их сразу же в парокотельную установку. От 30 до 45 процентов всего тепла, выделяющегося при сжигании топлива, утилизируется в этой установке.

Из отражательной печи выходят жидкие шлаки и жидкий же продукт — штейн, содержащий около 25 процентов меди. Кроме меди, в штейне обычно находится железо (его здесь не меньше, чем меди), сера (ее почти треть), серебро, золото, никель и т. д.

Шлаки направляют в отвалы или на переработку в строительные материалы. Ковши со штейном поступают к конверторам, подобным тем, что применяются при бессемеровской переработке чугуна в сталь. Но форма их отлична. Если конверторы для переработки чугуна напоминают формой груши, то конверторы для переработки меди — это скорее положенные на бок бочонки.

И в тех и в других сквозь расплавленный полупродукт продувается воздух, и там и там происходит выгорание примесей. Но, пожалуй, на этом сходство кончается. Начинаются отличия.

Из чугуна в процессе бессемеровской переработки надо выжечь максимум 6—8 процентов различных примесей. В штейне надо удалить 70—80 процентов серы и железа. И, конечно, это нельзя сделать за несколько минут, как при переработке чугуна в сталь. Процесс конвертования штейна длится не менее десяти часов, а нередко и более суток.

Бессемеровская переработка чугуна протекает при температурах порядка 1500 градусов. Переработка штейна идет всего при 1200 градусах. При переработке чугуна шлаков почти не образуется. При переработке штейна шлаков столько, что их несколько раз приходится сливать. И т. д. и т. д.

В процессе переработки штейна содержание серы и железа уменьшается до долей процента. Полученная медь — ее называют черновой — содержит около 98—99 процентов меди и добавки (кроме железа и серы) никеля, мышьяка, свинца, золота, сурьмы, серебра.

Кроме черновой меди, после конвертования получают шлак, грубую и тонкую пыль на пылеосадительных устройствах и газы. Все это — ценные продукты, подвергающиеся дальнейшей переработке. Из газов, содержащих значительные количества окислов серы, вырабатывают серную и сернистую кислоты. Тонкая пыль, улавливаемая в электростатических пылеуловителях, содержит большое количество свинца, цинка и других ценных металлов. Они извлекаются на специальных заводах.

Грубая пыль, осаждающаяся в обычных инерционных пылеуловителях, возвращается в отражательные печи.

Шлаки, содержащие значительные количества меди — до 3 процентов, используются в отражательных печах или переплавляются в печах других типов.

Но, конечно, самым ценным остается черновая медь.

Полтора процента примесей, которые в ней еще содержатся, сильно ухудшают и механические свойства и электропроводность металла. К тому же в этих примесях значительную часть составляют драгоценные металлы. Поэтому медь подвергают сначала огневому рафинированию, затем электролизу. Первый процесс освобождает медь от примесей, второй служит для отделения драгоценных металлов.

Огневое рафинирование осуществляют в отражательных печах. Особенно интересен последний этап этого рафинирования. В ванну с расплавленной медью вводят шесть свежесрубленного дерева. Ровная поверхность металла, с которой только что перед этим удалили весь шлак, вскипает — это поднимаются, перемешивая металл, продукты сухой перегонки — углеводороды, водяной пар и т. д. Этот процесс называется дразнением меди.

После огневого рафинирования медь содержит не более 0,3—0,5 процента примесей. В некоторых случаях каждая тонна меди содержит до 3 кг серебра и 200—300 г золота. Чтобы выделить эти примеси и получить более чистую медь (а мы знаем, что малейшие примеси ухудшают ее электропроводность), медь подвергают электролизу.

Электрический ток переносит ионы меди с анода на катод. Драгоценные примеси — в их числе нередко встречается селен — оседают на дно электрической ванны. Этот осадок называют шламом.

Переработка этого шлама, имеющая целью выделить ценные содержащиеся в нем металлы, сама по себе представляет сложный, многооперационный металлургический процесс. В конце его получают так называемый металл доре — сплав золота и серебра. Разделяют два благородных металла также обычно рафинированием. При этом аноды из металла доре подвешивают в электролите в особых рамках, обтянутых материей. Материя пропускает растворяющееся серебро, но задерживает золотой шлам. Серебро осаждается на катоды — пластины из нержавеющей стали — в виде кристаллического порошка, легко отделяющегося от катода.

В золотом шламе содержится обычно от 60 до 90 процентов золота. Шлам промывают и выплавляют из него аноды для золотого электролиза.

При электролизе золота в раствор переходят еще более драгоценные металлы, содержащиеся в исходной медной руде в ничтожных процентах, в том числе платина и палладий. Осмий, иридий и серебро выпадают в осадок. Эти металлы также получают в чистом виде при дальнейшей переработке.

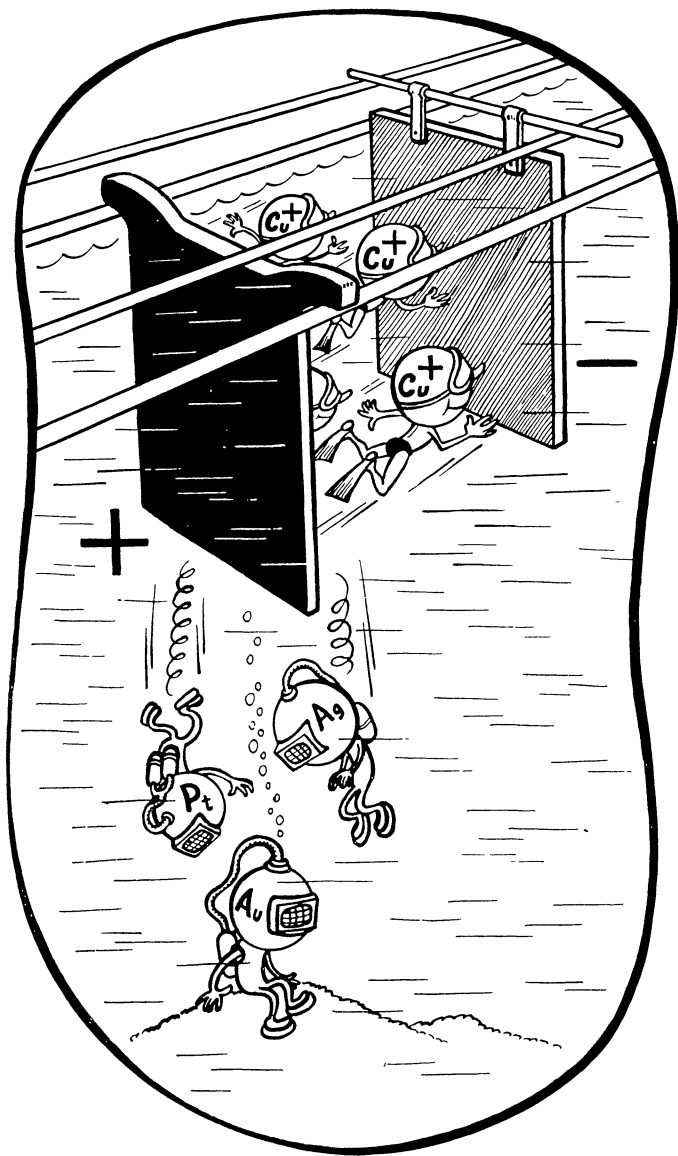
Редкие металлы — селен и теллур — также содержатся в значительном количестве в шламе электролизной медной ванны.

При обжиге шлама и плавке металла доре селен улетучивается с газами. Его улавливают в специальных пылеуловителях. Эту пыль подвергают специальной переработке. В ходе ее выделяется и теллур.

Очень бегло оглядели мы процессы, связанные с производством меди. И первое, что хочется отметить, — комплексный характер этого производства.

Действительно, побочным продуктом переработки сульфидных руд меди являются газообразные окислы серы — прекрасное сырье для производства серной кислоты, важнейшего химического продукта, имеющего широчайшее применение.

Другим побочным продуктом является тепло отходящих газов отражательных печей. Это киловатт-часы электроэнергии, вырабатываемой из фактически бесплатного источника.



*По молекуле перебирает электрический ток слиток
рафинируемой меди.*

Шлаки, имеющие самое различное применение, шлаки, из которых можно изготовить множество строительных материалов,— это тоже неизбежный продукт выплавки меди.

Шлам электролизной переработки меди, содержащий драгоценные металлы, только стоимость которых полностью окупает весь процесс электролиза, ведь тоже входит в число побочных продуктов или даже, можно сказать, отходов производства меди.

Использование всех побочных продуктов значительно удешевляет производство меди, делает его рентабельным. А это значит, что медеплавильные заводы должны быть комплексными комбинатами, в списке продукции которых содержится не только медь, а и многие другие металлы, стройматериалы, химводные продукты, тепловая и электрическая энергия.

Впрочем, такой комплексной переработке можно подвергать не только медные руды, но и руды многих других металлов.

Комплексные комбинаты, технологический процесс которых рассчитан на извлечение всех ценных элементов, находящихся в составе руды, и на использование уже пустых шлаков для производства стройматериалов,— вот будущее металлургического завода.

ЛАТУНИ И БРОНЗЫ

Наиболее вредными для механических свойств меди примесями являются висмут и свинец. Они не образуют с медью твердых растворов и при ее кристаллизации выделяются в виде тонких прослоек между кристаллами. Из-за этого медь становится хрупкой и ломкой. Поэтому содержание висмута, например, допускается в меди не больше 0,002 процента.

При содержании уже 0,1 процента висмута медь становится такой хрупкой, что при обработке разлетается на куски.

Электропроводность меди особенно сильно снижает примесь фосфора, мышьяка, сурьмы.

Уже при содержании в меди 0,02 процента фосфора ее электропроводность снижается на 20 процентов, а при содержании 0,04 процента фосфора электропроводность составляет всего 17 процентов от электропроводности чистой меди.

Очень интересно влияние на качество меди водорода. Медь при нагревании легко поглощает водород. Попав в междокристаллическую решетку, атомы водорода соединяются с кислородом, который почти неизбежно содержится там в виде соединений с медью. Образуется вода, водяной пар. Он разрывает металл, образуя мельчайшие трещины. Сни-



Вряд ли отыщут археологи это авторское свидетельство.

жение механических свойств меди из-за этих трещин называется водородной болезнью.

А теперь поговорим о сплавах меди.

Известно и изучено много сплавов меди с самыми различными металлами. Но наибольшее значение имеют для техники ее сплавы с цинком — так называемые латуни, и с оловом — бронзы.

Первыми появились бронзы. Их умели производить еще древние металлурги. И как это ни странно, они добавляли в медь именно то количество олова, которое и сейчас считается наилучшим для качества металла, — 8—10 процентов.

Оловянистые бронзы делятся на две большие группы. Первая — пластические бронзы, содержащие не более 7—8 процентов олова и предназначенные для обработки давлением в холодном или горячем виде. Вторая группа — литейные бронзы. Они отлично заполняют литейные формы и дают небольшую усадку.

Во многие оловянистые бронзы добавляют легирующие присадки. Добавка в бронзу небольших количеств цинка делает сплав более устойчивым против коррозии в морской воде. А расплавленная бронза с добавкой цинка отличается особенной текучестью. Свинец добавляется в те марки бронзы, которые идут на изготовление трущихся деталей. Олово — дорогой металл, поэтому металлурги давно уже ищут замену ему в производстве бронз. И такие замены найдены. Алюминиевые, кремнистые, марганцовистые и другие бронзы, не содержащие олова,

выпускаются нашей промышленностью. И по многим своим качествам, в том числе устойчивости против ржавления, и механическим свойствам они даже превосходят оловянистые бронзы.

Алюминиевые бронзы содержат около 10 процентов алюминия, иногда небольшие количества железа или марганца. Эти бронзы превосходят по прочности оловянистые, но уступают им по литейным свойствам.

В кремнистых бронзах содержится 2—5 процентов кремния. Эта бронза значительно дешевле оловянистой.

Марганцовистые бронзы обладают наилучшей среди бронз устойчивостью против коррозии и отличной пластичностью.

Бериллиевая бронза после соответствующих термообработок становится чемпионом по прочности среди цветных металлов и сплавов. Она выдерживает нагрузку на растяжение до 130—150 кг на кв. мм!

Широко и разнообразно применение бронз. Свинцовистые бронзы, содержащие 20—30 процентов свинца, используются для изготовления вкладышей подшипников. Из марганцовистых бронз, теплоустойчивых до 400—450 градусов, изготавливают паровую арматуру. Алюминиевые бронзы идут на зубчатые колеса, втулки, седла клапанов — все те детали, которым приходится работать в условиях трения, да еще нередко усложненных повышенной температурой. Вкладыши подшипников, арматура высокого давления, пружины, сальники, корпуса насосов — разве перечислишь все детали машин и аппаратов, на которые используются оловянистые бронзы!

Латуни — другая крупная группа медных сплавов. Основной металл, входящий в состав латуней, кроме меди, — цинк. Кроме него, в латуни могут входить алюминий, железо, марганец и другие элементы.

Латунь, как правило, дешевле бронзы, так как цинк дешевле меди. Поэтому же чем больше в латуни цинка, тем эта латунь дешевле. Латуни обладают достаточной прочностью, хорошо обрабатываются давлением. Это отличный материал машиностроения.

Латуни, содержащие наибольшие количества меди — от 88 до 97 процентов, называются томпаками. Они обладают такой высокой коррозионной стойкостью, что даже применяются для покрытия других металлов с целью предохранить их от ржавления. Латуни, содержащие около 80 процентов меди, по цвету подобны золоту. Из них делают ювелирные украшения. Латуни, содержащие до 38 процентов цинка, хорошо поддаются холодной прокатке. А если они содержат больше 38 процентов цинка, то всего чаще идут или на изготовление деталей отливкой, или на обработку давлением в горячем состоянии.

Специальные латуни содержат, кроме меди и цинка, добавки других элементов, придающие им особые свойства. Так, добавка олова увеличивает стойкость против разъедающего действия морской воды. Поэтому оловянистые латуни так и зовут «морскими латунями».

Свинцовые латуни хорошо обрабатываются резанием. Ведь обычную латунь из-за ее высокой вязкости нелегко обрабатывать, например, на токарном станке. А свинцовая латунь дает сыпучую, легко ломающуюся стружку. Из прутков этой латуни бесчисленные станки-автоматы изготавливают на наших заводах мелкие детали — гайки, кольца, болтики и т. д.

Конечно, семейство сплавов меди значительно шире, чем рассказано здесь. Несравненно шире и применение их в народном хозяйстве. Древний металл успел занять позиции, многие из которых давно пора бы уступить алюминию, пластмассам, железу.

Впрочем, сказанное относится не только к меди и ее сплавам, а и ко многим другим цветным металлам.



Тут мой трезубец бессилен.

СОСЕД И СПУТНИК

В периодической таблице элементов Менделеева между железом и медью расположились кобальт и никель. Никель является ближайшим соседом меди.

Медь — это постоянный спутник никеля в сульфидных рудах. Лишь незначительная часть этого металла добывается из окисленных руд, которые, как правило, не содержат меди.

«Никель» — слово немецкое. Так называли злого духа немецкие горняки. Приблизительно его можно перевести как «обманщик». «Купфер-никель» — «медный обманщик» называли саксонские горняки XVI века никелевую руду, прожилки которой попадают им при разработке медных месторождений.

Но в сплавах никель, видимо, был известен еще до нашего времени. Вероятно, первыми открыли его китайские металлурги, ибо еще за 200—300 лет до нашей эры в великой восточной стране изготовлялся сплав никеля с цинком и медью. Он вывозился из Китая в Бактрию — древнее государство, расположенное на месте современных среднеазиатских республик. Там из этого сплава изготовляли монеты.

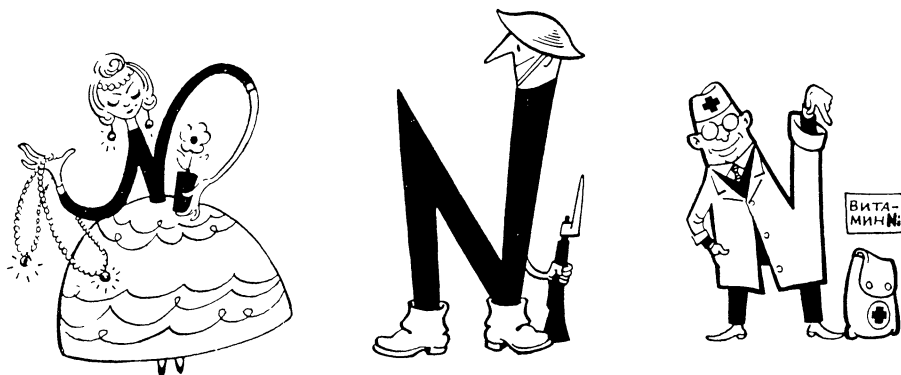
Первым получил металлический никель в 1751 году шведский химик А. Кроншtedт. Он же дал этому металлу его странное, отнюдь не соответствующее свойствам и значению имя. Но полученный им металл был сильно загрязнен примесями, и говорить о свойствах никеля было еще практически невозможно.

Только в 1804 году немецкий химик И. Рихтер выделил из руды металл серебристо-белого цвета, с едва уловимым коричневым оттенком, очень тягучий и ковкий. С этого времени и началось по-настоящему изучение его свойств.

Никель оказался близким родственником железа. Химическая активность его невелика. В отсутствие влаги при обычных условиях он заметно не реагирует ни с кислородом, ни с серой, ни с галогенами. Только нагретый до температуры в 500 градусов он начинает окисляться на воздухе. Способен поглощать большие количества водорода.

Химики открывали все новые свойства никеля, а инженеры никак не могли найти ему применения, и поэтому в первой половине XIX века он считался драгоценным металлом. Только ювелиры имели с ним дело. От получивших его химиков он пришел в сверкающие витрины, в соседство с золотом и драгоценными камнями. Как ни странно, но применялся он в том же сплаве с цинком и медью, который открыли еще древние китайские мастера.

С середины прошлого века никель начали использовать для изготовления монет и противокоррозионных покрытий. Это была уже полезная служба металла.



Три службы одного металла.

А затем инженеры сделали попытку породнить никель с железом. Оказалось, что добавки никеля значительно улучшают качество сталей. Мы уже говорили о никелевых сталях, имеющих самое разнообразное применение. Но сначала их предназначали для изготовления брони. Так, во второй половине XIX века из ювелирного никель стал военным металлом.

Облагораживающее действие присадок никеля вызвало повышенную потребность в этом металле, и начало быстро расти его производство.

Всего 110 лет назад, в 1850 году, во всем мире было выплавлено едва 100 тонн никеля, а уже в 1875 году производство никеля поднялось до 600 тонн. Но этот подъем не сравнить с последующим прыжком: в 1918 году было выплавлено 47 тысяч тонн этого металла. Подавляющее большинство — около 90 процентов его — дала Канада, обладающая крупнейшими залежами никелевых руд. В 1943 году было произведено (без СССР) 167 тысяч тонн этого металла.

На территории нашей Родины еще в 60-х годах прошлого столетия инженер Данилов организовал производство сплава железа с никелем — ферроникеля. Из вагранок, в которых он производил плавку, ему удалось получить ферроникель с содержанием никеля до 30 процентов. При рафинировании в тиглях содержание никеля поднималось до 70 процентов. Однако падение цен на этот металл остановило начатое производство.

Только после Октябрьской революции была организована в нашей стране никелевая промышленность. Первым был спроектирован и построен Уфалейский никелевый завод. С учетом его опыта проектировались и строились новые заводы.

В настоящее время наша страна обладает мощной никелевой промышленностью. Да и понятно: нашей стране нужно много никеля. И изготовление мелких разменных монет — это отнюдь не главная статья расхода этого металла. Значительно больше его идет на производство легированных сталей, мельхиора и монель-металла — важных сплавов никеля с цветными металлами, на никелирование — покрытие металлических изделий для защиты от коррозии и придания красивого внешнего вида, на изготовление легких щелочных аккумуляторов и катализаторов для химической промышленности.

ТОЖЕ НЕ ПРОСТЫЕ ПРОЦЕССЫ!

В железных метеоритах, которых немало уже накопилось в ученых коллекциях многих стран, содержится до 8,5—9 процентов никеля. Инженеры были бы просто счастливы, если бы на Земле были залежи металла с таким природным содержанием легирующей добавки. К сожалению, не часто встречаются и руды, содержащие такой процент никеля, не говоря уже о чистом металле.

Однако никель отнюдь не редкий металл. В земной коре его содержится, по-видимому, около 0,02 процента, то есть больше, чем, например, меди. Однако соединения никеля более рассеяны, чем соединения меди.

Металлурги различают две основные группы никелевых руд: окисленные, в которых никель находится в соединении с кислородом, и сульфидные, содержащие соединения никеля с серой. Большая часть разведанных на земном шаре месторождений никеля — 80 процентов — приходится на долю сульфидных руд. Как правило, в сульфидных рудах никеля содержится медь, причем ее нередко столько же, сколько никеля, а то и больше. Кроме того, в них ему всегда сопутствуют кобальт, платина, иридий, палладий и другие редкие металлы. В окисленных рудах обычно содержится железо. Его содержание в несколько раз превосходит содержание никеля.

Вот из таких-то руд и приходится вырабатывать никель. Делают это на разных заводах в разных странах по-разному — в зависимости и от типа руды, и от содержания в ней никеля, и просто от сложившихся традиций.

Окисленная никелевая руда, землистая мягкая масса, содержащая большое количество влаги, не может сразу подвергаться плавке в шахтной печи. Она засыпет, задушит пламя, не даст пройти сквозь свою сыпучую массу газам горения. Поэтому ее сначала брикетируют или

изготавливают никелевый агломерат. О том, как изготавливается агломерат, мы уже рассказывали в одной из предыдущих глав.

Агломерат плавится затем в шахтной печи. Получают из печи никелевый штейн, состоящий в основном из никеля, железа и серы. Штейн подвергают бессемеровскому переделу, в процессе которого выгорает главным образом железо. Полученный из конвертора продукт (он содержит примерно 75 процентов никеля и доли процента железа, остальное — сера) подвергают обжигу в многоподовых механических печах, очень похожих на те печи, в которых обжигают сульфидные медные руды. Полученные огарки размалывают в шаровых мельницах и обжигают вторично во вращающихся трубчатых печах. В процессе обжига выгорает сера и образуется чистый окисел никеля. Его смешивают с древесным углем и плавят в электрической дуговой печи.

Полученный никель или разливают в формы, или подвергают грануляции. Это осуществляется следующим способом. Металл тоненькой струйкой выливают в бетонированный бассейн, куда непрерывно подается холодная вода. Стремительно охлаждающийся и застывающий металл разрывается внутренними напряжениями на небольшие куски. Их просушивают и запаковывают в деревянные бочки.

Но ведь мы говорили, что большая часть никеля нужна нам для легирования железа. Следует ли во всех случаях получать чистый никель? Вряд ли. Metallургов отлично устроил бы во многих случаях содержащий значительный процент никеля сплав этого металла с железом.

Такой сплав получают переплавкой никелевого агломерата в доменной печи. Правда, полученный никелистый чугун получается не дешевым, так как никелевые руды не содержат столько железа, сколько его имеется, например, в магнитном железняке. И все-таки оказалось, что бедные никелевые руды, содержащие меньше одного процента никеля, выгоднее перерабатывать указанным способом в доменных печах, чем перерабатывать на чистый никель. К тому же при такой плавке никелевой руды в металл переходит и кобальт и значительная часть содержащегося в ней хрома. Таким образом целый ряд полезных легирующих металлов оказывается в составе этого чугуна, из которого и получают природно легированный металл, такой же качественный, как металл железо-никелевых метеоритов.

Это второй способ переработки никелевых руд.

Третий способ — электроплавка богатых окисных руд в дуговых печах. Восстановителем и здесь обычно служит древесный уголь. Получается ферроникель — сплав 50—75 процентов никеля с железом. По-

следующей переплавкой и рафинированием этого сплава можно получить электролитический никель, содержащий 99,97 процента чистого металла.

Окисленные никелевые руды можно подвергнуть и прямому восстановлению во вращающихся печах. При этом можно размолотую руду смешивать с восстановителем и нагревать в длинной вращающейся трубе до температуры 1250—1400 градусов. В полурасплавленной массе шлака и происходит восстановление железа и никеля. Железо и никель образуют кусочки — крицы — размером от 3 до 30 мм. Их отделяют от шлаков после размолла механическим и магнитным сепарированием.

При переработке этим способом никелевых руд, содержащих менее 1 процента никеля и от 10 до 20 процентов железа, получают крицы, содержащие около 3—7 процентов никеля — как раз то же самое количество, что и в железных метеоритах.

Окисленные руды никеля можно перерабатывать и способами гидрометаллургии. При этом руду обрабатывают или раствором серной кислоты, или раствором аммиака. Путем ряда дальнейших операций из раствора получают чистый металл.

Все перечисленные способы относились к окисленным рудам, а ведь их значительно меньше, чем сульфидных.

Сульфидные руды также плавят в шахтных печах. Рудную мелочь и пыль предварительно перерабатывают в агломерат. Из шахтных печей получают штейн, содержащий около 9 процентов никеля, несколько меньшее количество меди и почти 25 процентов серы.

Впрочем, чаще такую плавку на штейн ведут в отражательных печах или даже в электропечах.

Полученный в любом из названных типов печей штейн поступает в конвертор. В результате бессемеровского передела получают сплав, содержащий никель, медь и серу.

Не простое дело — разделить питающие друг к другу явные симпатии медь и никель.

Окончательную его очистку осуществляют в электролитической ванне. При этом драгоценные металлы платиновой группы выделяются в шлам.

Есть и другой способ отделения никеля от меди. Основывается он на том, что никель способен соединяться с окисью углерода и образующаяся жидкость кипит уже при температуре в 43 градуса выше нуля. А при нагревании ее пара до 180—200 градусов это соединение разлагается обратно на никель и окись углерода. Процессы отделения никеля этим способом идут в специальных герметизированных башнях. Получаемый порошкообразный никель имеет очень высокую чистоту. В остатке после выделения никеля концентрируются медь, кобальт, железо и все

драгоценные металлы. Этот остаток подвергается дальнейшей переработке.

Отделяют никель от меди и других примесей и в электролитических ваннах. Все эти процессы отнюдь не просты и не дешевы. Вот почему дорог никель и надо экономить каждый грамм этого металла!

МОНЕЛЬ-МЕТАЛЛ

Не ищите этого названия в периодической системе элементов Менделеева: там его нет, ибо это не металл, а сплав, природный сплав. Один из тех сплавов, которые рождаются не путем смешивания различных металлов, а прямо из руды, созданной самой природой. Это сплав 60—67 процентов никеля, 27—29 процентов меди, 2—3 процентов железа и от 1 до 2 процентов марганца.

Иногда в монель-металл входит за счет меньшего содержания меди 2—3 процента алюминия.

Монель-металл вырабатывают из того сплава, который получают после конверторной переработки штейна. Его измельчают и подвергают обжигу. Сера при этом удаляется «намертво» — только следы ее, сотые доли процента, остаются в сплаве.

Обожженный металл, только что извлеченный из обжиговой печи и имеющий температуру около 1000 градусов, смешивают с древесным углем и охлаждают. Уже в эти минуты происходит восстановление значительной части меди и никеля. Затем к охлажденным огаркам добавляют новую порцию древесного угля и осуществляют плавку в электропечи.

Расплавленный металл разливают в изложницы. Монель-металл готов. Как видим, процесс его производства значительно проще, чем получение чистого никеля.

Монель-металл отнюдь не является «гадким утенком» в семье металлов и сплавов. У него завидное «здоровье» — огромная сопротивляемость коррозии. Ни морская и пресная вода, ни щелочи, ни органические кислоты и красители не действуют на него. Он обладает неплохой прочностью — сопротивлением на разрыв, которому могут позавидовать иные стали, — от 50 до 80 кг на кв. мм и вполне приемлемой вязкостью. Температура плавления этого сплава тоже достаточно высока — от 1300 до 1360 градусов, в зависимости от преобладания тех или иных компонентов.

И поэтому монель-металл охотно применяют в электротехнике, судостроении, химической и текстильной промышленности и т. д. Из него изготавливают высоковольтные маслонаполненные кабели, термопары, ме-

дицинские приборы, гребные винты, крыльчатки насосов, лопасти паровых турбин и т. д. Значительная часть монель-металла выпускается в виде проката — проволоки, прутков, полос и лент.

Но при производстве монель-металла не удается выделить драгоценные металлы платиновой группы, которые обычно содержатся в никелевой руде. Поэтому монель-металл стараются выплавлять из тех руд, в которых нет примеси драгоценных металлов или она очень невелика.

ТРУДОВЫЕ БУДНИ

Никель считают одним из главных витаминов стали — легирующих добавок, резко повышающих прочность главного металла. И действительно, свыше 80 процентов всего добываемого в капиталистической половине мира никеля используется для легирования сталей — особенно броневых плит военных кораблей, танков, броневых автомобилей.

Но никель является не только легирующей добавкой, а и основой целого ряда сплавов, имеющих важнейшие применения.

...Вы включили вилку электроплитки. В керамической тарелочке, в узком узорном пазе зарделась свернувшаяся там змейка спирали. Металл, из которого она сделана, явно обладает высоким коэффициентом электрического сопротивления. Имя его широко известно — это никелин. Да, конечно, это сплав. В его состав входят 25—35 процентов никеля, неизбежные примеси марганца, железа, цинка. Остальное в нем — медь.

Никелин широко применяется для изготовления реостатов и других электрических приборов.

Аналогичными свойствами обладают нихромы — сплавы никеля с хромом и железом. Они отличаются высокой антикоррозийностью, жароупорностью, поэтому применяются в качестве нагревательных элементов в бесчисленных промышленных электропечах.

...Термопары. Если соединить концы двух проволок из различных металлов и один спай нагреть, а другой охладить, по проволокам пойдет электрический ток. Чем выше будет разница температур нагретого и охлажденного спаев, тем большим будет ток. Этим свойством пользуются для измерения высоких температур — таких, которые уже нельзя измерить ртутным термометром, например температур в электропечах.

Одним из сплавов, широко применяемых для изготовления таких термопар, является хромель — сплав никеля с хромом. Аналогичными свойствами обладает и алюмель — сплав никеля с алюминием. Кроме никеля и алюминия, содержание которого в сплаве не превосходит



Могучая дружина никелевых сплавов

2,5 процента, в его состав входят кремний и марганец, причем общее их содержание не превышает 4 процентов.

Удивительными свойствами обладает пермаллой — сплав никеля с железом. После специальной термито-механической обработки он приобретает необычайно высокую магнитную проницаемость, легко намагничивается и размагничивается даже в самых слабых полях.

Один из сплавов никеля с медью, мельхиор, идет на изготовление высококачественной столовой посуды. Из него же делают у нас в стране мелкую разменную монету.

Металл, который поступает в промышленность под именем никеля технического, также по существу является сплавом. Ведь в него обычно вводят небольшие легирующие добавки магния, марганца и кремния.

Какое прозаическое название: никель технический! А ведь этот сплав обладает стойкостью против коррозии большей, чем благородное серебро. Из него делают ответственные детали приборов точной механики и электротехники, механизмов и устройств химической и пищевой промышленности. Этому металлу можно позволить соприкасаться с пищей,

он не загрязнит ее своим прикосновением. Он не токсичен и не разрушает витаминов, как некоторые другие металлы.

В кремнистом никеле еще меньше примесь легирующих присадок, чем в только что рассмотренном никеле техническом. Этот сплав применяется при изготовлении радиоламп и электровакуумных приборов.

Марганцовистый никель отличается от своих братьев, никеля технического и кремнистого, повышенной жаропрочностью. Поэтому ему доверено работать в запальных свечах авиационных, автомобильных и тракторных двигателей. Подумайте, и вы поймете, какая это ответственная работа!

Не всех членов семьи никелевых сплавов, в которых никель является основой, а не присадкой, мы перечислили, но уже и из нашего беглого обзора видно, какая это работающая семья.

СГОРАЮЩИЙ В ЭЛЕКТРОТОК

Откройте крышку карманного фонаря и достаньте оттуда батарейку. Снимите ее бумажную обклейку, и вы увидите три металлических цилиндрика. Если батарейка работает не очень давно, синевато-серый металл цилиндриков прочен, крепок. Если она доживает последние часы, он весь изъеден белыми пятнами коррозии, рассыпается под пальцами.

Этот металл — цинк. Это он, сгорая в батарейке вашего карманного фонаря, рождает электрический ток, питающий лампочку. Это он — топливо электростанции, которую вы носите в кармане.

Цинк был известен еще в глубокой древности, но вряд ли древние металлурги умели выплавлять его. По всей вероятности, они знали этот металл только в виде руды и в сплаве с медью. И только китайские металлурги уже в V веке до нашей эры умели конденсировать пары цинка и получать из них металл.

Вероятно, в Европе первым получил металлический цинк в XVI веке смелый немецкий врач и естествоиспытатель Филипп Парацельс. Во всяком случае именно в его трудах впервые упоминается это название.

В начале XVIII века немецкий же металлург И. Генкель разработал стройную технологию получения цинка. В 1743 году в Бристоле был построен первый цинковый завод. В России первый цинковый завод начал работать в конце XIX века. Однако особенно стремительно начала развиваться цинковая промышленность после Великой Октябрьской революции.

Сейчас в нашей стране работает целый ряд цинковых заводов, обогатительных по последнему слову техники. Они расположены в Донбассе, Казахстане, в Сибири и на Урале.

Существуют две технологии получения металлического цинка, но по какой бы технологии ни шла дальнейшая переработка, начинается все с добычи руды. Обычно цинковые руды содержат, помимо цинка, свинец, медь, железо, кадмий, редкие и драгоценные металлы. И первый этап переработки таких руд — разделение составляющих ее пород по концентратам. И уже цинковый концентрат поступает на переработку.

Первый способ переработки — восстановление окисла цинка углеродом топлива. Процесс идет при температуре не ниже 1000 градусов. Восстановленный цинк сразу же превращается в пар. Вместе с газами горения он поступает в очистители и конденсатор. Жидкий металлический цинк из конденсатора разливают в изложницы.

Этот способ требует большого расхода топлива, он дорог, поэтому его вытесняет более совершенный гидрометаллургический способ.

Технология этого способа такова. Цинковый концентрат обжигают, затем огарки обрабатывают серной кислотой. Полученный раствор очищают от примесей и подвергают электролизу. Серная кислота возвращается за новой порцией цинка, а полученный металл переплавляется в слитки.

В целом ряде стран выплавка цинка достигает сотен тысяч тонн. Так, США получили в 1958 году 709 тысяч тонн этого металла; Бельгия, кстати, не имеющая собственной руды, — 215 тысяч тонн; Канада — 229 тысяч тонн. А общее производство этого металла в капиталистических странах мира в 1958 году достигло 2210 тысяч тонн.

Цинк — легкоплавкий, непрочный металл, к тому же чувствительный к температурным воздействиям. При комнатной температуре он твердый и хрупкий, а уже при 100—150 градусах становится тягучим, пластичным, легко прокатываемым в тонкие листы. При 419 градусах он уже плавится, а при 905 — кипит. Кажется, на что может пригодиться этот слабосильный металл? Зачем его выплавляют в столь больших количествах?

Оказывается, есть в его активе качества, обеспечивающие ему благородность и уважение человека.

Цинк — довольно устойчивый против коррозии металл. В сухом воздухе при комнатной температуре он не окисляется вовсе. Во влажном воздухе или в воде его поверхность покрывается тонкой пленкой, предохраняющей металл от дальнейшего развития коррозии.

Есть у него и другое любопытное свойство: в расплавленном состоянии он образует с железом химическое соединение. Этим и пользуются, покрывая железные листы тонкой пленкой цинка. Наверное, все видели такие листы — их называют оцинкованными, из них изготавливают ведра, детские ванны, корыта. Цинковая пленка очень крепко соединяется с железом и хорошо защищает его от коррозии.

Основная часть добываемого на земном шаре цинка и используется для этой цели.

Применяется цинк и как составная часть многих широко распространенных сплавов — таких, как латунь, мельхиор, бронза, типографские сплавы.

Значительная часть цинка идет и на производство электрических батарей карманных фонарей, сельских радиоприемников и т. д.

Служат людям и соединения цинка. Одни из них используются в качестве белил, другие — сильные антисептики — для пропитки шпал, защищающей их от гниения, третьи — как наполнитель каучука, целлюлозы, пластмасс, четвертые — в медицине и т. д.

МЕТАЛЛ КОНСЕРВНОЙ БАНКИ

«Олово отжило свой «бронзовый век» и стало металлом консервной банки» — это цитата из прекрасного очерка академика А. Е. Ферсмана об олове, из книги «Занимательная геохимия». Название очерка повторяет название этой главы.

Действительно, известное человеку с древнейших времен олово в течение тысячелетий употреблялось как главная добавка к меди. Великий сплав — бронза — получался в результате этого союза.

Но прошла эпоха бронзового века. Бронзы стали одним из широко применяемых, но отнюдь не главных сплавов. И олово нашло себе другое применение. Оно подружилось с железом, точнее — с жестью, тонкими листами прокатанного железа. Тысячи применений имеет такой лист. И одно из важнейших — быть тарой консервированного продукта, проще — консервной банкой.

Олово обладает значительной устойчивостью против химических воздействий. Оно не реагирует с водой, очень медленно растворяется в разбавленных кислотах, только при нагревании до 150 градусов начинает окисляться кислородом воздуха. Все это полностью удовлетворяет тем высоким требованиям, которые можно предъявить к металлу, покрывающему изнутри жость консервной банки, соприкасающемуся с пищей, предназначенной для человека. И поэтому оловом и покрывают внутреннюю поверхность консервных банок.

Есть несколько способов осуществить такое покрытие жести оловом. Издавна известен горячий способ, когда очищенное и обезжиренное изделие погружают сквозь слой флюса в расплавленное олово. Извлеченное изделие уже покрыто полудой.

В случае, если надо полудить одну сторону металлического листа,

его очищают, нагревают снизу и очищенную сторону натирают оловом и флюсом. Осуществляется это с помощью обыкновенной сухой и чистой тряпки.

В настоящее время, однако, эти способы лужения отошли в прошлое. Сегодня жести консервных банок лудится в гальванических ваннах.

Мировая добыча олова подвергается довольно резким колебаниям. Так, в 1940 году в капиталистических странах было добыто около 250 тысяч тонн этого металла, а в 1952 году — только около 170 тысяч тонн. Пожалуй, нет страны в мире, в которой олово не считалось бы дефицитным металлом. И большая часть этого олова везде идет на производство белой жести — металла консервных банок.

Недостаток олова заставляет работать в трех направлениях. Геологи стараются найти новые месторождения оловянного камня — руды олова.

Металлурги изыскивают способы заменить олово в сплавах, обойтись без него. И все должны думать над тем, чтобы сберечь уже добытое олово, не дать ему погибнуть.

Каждая консервная банка — это примерно полграмма олова, которое может вернуться в цикл производства, если консервная банка попадет в утиль, а не поржавеет под забором. Извлечение же олова со старых консервных банок несложно: ведь олово растворяется в щелочах. В них-то и погружают старые банки, а потом олово выделяют электролизом.

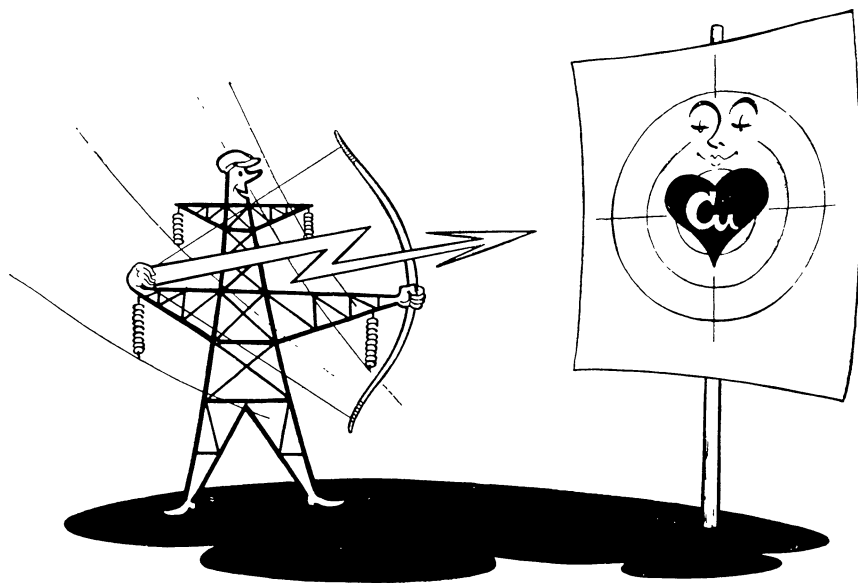
Вторая очень серьезная статья расхода олова — сплавы. Ведь этот металл входит в состав бронз, легкоплавких сплавов, типографских сплавов, подшипниковых материалов. Но особенно много его идет на производство припоев.

А вот и паспортные свойства этого металла. Он плавится при 232 градусах, кипит при 2430 градусах. Удельный вес его при обычных условиях около 7,3 г на куб. см. Олово мягко, его можно царапать ногтем. Легко куется и прокатывается в тончайшую фольгу.

Было время, из олова делали не только ложки и миски, а и пуговицы для солдат. Рассказывают, что в одну суровую зиму эти пуговицы внезапно «заболели». Совсем недавно блестящие, прочные, они покрывались ни с того ни с сего сероватым налетом и рассыпались в пыль. Казалось, какой-то заразной болезнью заболело олово пуговиц. Даже название этому явлению придумали — «оловянная чума».

А все объяснялось очень просто. Дело в том, что обычное, известное нам олово устойчиво только при температуре выше минус 13 градусов. Ниже этой температуры происходит перекристаллизация олова, оно сильно увеличивается в объеме и поэтому начинает рассыпаться в пыль. Особенно быстро этот процесс идет при температуре около минус 30 гра-

дусов. Видимо, такая температура и стояла, когда начали рассыпаться пуговицы солдатских шинелей.



Медь — избранница электричества.

Такова служба человеку олова. Хотя этот металл и не является непосредственным соседом меди в периодической системе, я поместил его в этой главе. Слишком много столетий состоял он в огне скрепленной дружбе с медью, а теперешняя его служба человеку слишком схожа с работой цинка, чтобы можно было оторвать этот металл от его друзей и коллег по труду.

ЭКОНОМИТЬ МЕТАЛЛ

Производство цветных металлов — мы уже убедились в этом на целом ряде примеров — сложный, дорогой, трудоемкий процесс. Вспомните: для получения одной тонны меди надо добыть 100 тонн руды; чтобы получить одну тонну никеля, надо поднять из земных недр 200 тонн руды, а олова — даже 300 тонн. Сколько затрачивается на это человеческого труда! И как надо экономить этот воплотившийся в металл труд!

Когда-то весь добываемый цветной металл расходовался лишь на производство оружия, инструментов и предметов домашнего обихода. Пускали жаркую медь, подобную золоту латунь, звонкую бронзу и на изготовление украшений. Каюты и надстройки военных кораблей увешивали медяшками, которые приходилось ожесточенно драить матросам. Из этих же материалов изготавливали громоздкие и тяжелые люстры, разнообразные подсвечники, вентиляционные решетки, краны и т. д. Да техника и не знала сто лет тому назад, например, других материалов для изготовления всех этих и многих других предметов.

Настало совсем иное время — время, когда на смену старым материалам приходят новые, такие, как алюминий, пластмасса и облагороженное дерево. А для цветных металлов находят новые важные применения в тех местах, где их вообще никто заменить не может.

Сердце электрического мотора — вот где должна быть медь, а не в витиеватой дверной ручке или тяжелом, как ступа, подсвечнике.

Нет, не в громоздком бронзовом чернильном приборе место драгоценному олову и меди!

Надо стараться, чтобы оловянные изделия не попадали на холод. Они могут безвозвратно погибнуть.

Зачем затрачивать драгоценный никель, входящий в состав нержавеющей стали, для отделки железнодорожных и трамвайных вагонов, судов речного и морского флота?

И чернильный прибор, и отделка трамваев, и тяжелая бронзовая люстра могут быть сделаны и красивее и удобнее из других материалов. А никель лучше пустить на изготовление жаропрочных сталей. Пусть лучше работает он в пламени газовой топки, чем ведет паразитический образ жизни в салоне речного трамвая.

Но, конечно, пересматривая нормы расхода цветных металлов, сокращая список изделий, на которые идет цветной металл, нельзя допускать, чтобы из-за этого страдало качество изделий. Замену следует производить только там, где это действительно целесообразно.

Экономия цветных металлов должна вестись не только заменой их другими материалами.

Экономия цветных металлов — это и сокращение припусков на обработку, и тщательное собирание и сортировка металлической стружки, и борьба с отходами при переплавке и термообработках, и снижение веса соответствующих деталей.

На многих предприятиях, выпускающих легированный магнием чугуны, используют для этой цели не магниевый лом и отходы, а первичный магний.

Очень часто изделия, отличное качество которых обеспечило бы тонкое покрытие антикоррозионным слоем, целиком делаются из дорогих нержавеющей сталей.

Экономия цветных металлов — это и сбор лома цветных металлов, и сбор бытовых отходов.

Каждая использованная консервная банка — это уже не нужное потребителю олово.

Для переплавки тонны алюминиевого лома нужно несравненно меньше затрат, чем для получения тонны первичного алюминия.

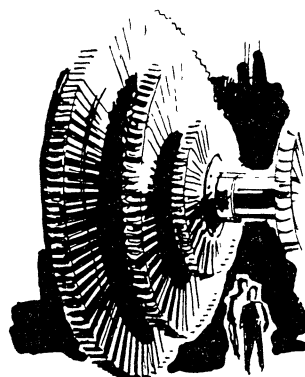
Беречь цветной металл! Расходовать его только там, где он действительно незаменим! — с таким призывом обратился к нашему народу Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза в декабре 1959 года.

Этот призыв встретил живейший отклик всего советского народа.



VIII

ВИТАМИНЫ СТАЛИ



Восьмьдесят лет тому назад русский ученый Н. И. Луний поставил весьма интересный опыт. Его интересовали пищевые потребности живого организма. Подопытных животных, мышей он разделил на две группы. Одну стал кормить обыкновенным коровьим молоком, другую — молоком искусственным, то есть смесью всех тех веществ, которые входят в состав молока. Вещества эти Луний тщательно очищал, чтобы данные опыта были как можно более точными.

Первая группа мышей жила и процветала, а во второй зверята начали болеть, слабеть и, наконец, умирать. Им не хватало какой-то неуловимой малости, без которой они, однако, не могли существовать.

Позже физиологи установили, что этой «малостью» являются витамины. Они нужны организму в очень незначительных количествах. Если их нет, организм начинает слабеть и погибать. Но стоит добавить в пищу

22 Ti Титан 47,90	23 V Ванадий 50,95	24 Cr Хром 52,01	25 Mn Марганец 54,93	27 Co Кобальт 58,94
		42 Mo Молибден 95,95		
		74 W Вольфрам 183,92	75 Re Рений 186,91	

несколько неувловимых крупиц витаминов — и наливаются силой мускулы, загораются огнем жизни глаза, распрямляются полусогнутые спина и колени.

Влияние витаминов на живой организм подобно влиянию легирующих металлов на сталь.

Несколько процентов или даже десятых долей процента металла, который зачастую и сам-то не обладает какими-либо выдающимися свойствами,— и резко изменяется качество стали. Если это ванадий, сталь становится неустойчивой, способной бесчисленное количество раз ответить упругим противодействием на сгибающее ее постороннее усилие. Если это вольфрам, внезапно вырастает твердость стали. Марганец делает сталь неразрушимой, износостойкой. Никель сообщает ей чудесную способность сопротивляться коррозии, не ржаветь и т. д.

Примерно сто лет назад впервые начали вводить в сталь легирующие добавки, имея целью улучшить ее качество. С тех пор каких только примесей не испытывали металлурги! Были среди них и такие, что понижали качество металла. Но постепенно определился и круг металлов, которые вводятся в сталь в тех или иных случаях, и пропорции этих добавок. Возникло огромное количество марок легированных сталей, обладающих широчайшим диапазоном разнообразнейших свойств.

Многие металлы свою службу человеку начали именно в качестве присадок к стали. Только потом, и в значительной степени благодаря этому применению, ближе знакомились с ними люди и находили им новые — по силам и способностям — применения. Такой, например, была судьба вольфрама — самого прочного и самого тугоплавкого металла.

Другие, честно работая на главный металл сегодняшнего дня, вместе с тем предъявляют свое право на самостоятельную роль в технике и промышленности. Таков путь по жизни соперника железа — титана.

Наиболее часто применяющиеся в легированных сталях металлы в периодической системе элементов тесной группой расположились вокруг железа. В их круг входят медь, никель, кобальт — металлы, занимающие следующие за железом клетки в системе элементов. К ним относятся и марганец, хром, ванадий, титан — жильцы предшествующих железу клеток. Нельзя обойти в этом списке молибден и вольфрам, но и эти элементы тесно примыкают к основной группе. Они, правда, обитают на других «этажах» периодической системы элементов.

Рассказу о витаминах стали и посвящена эта глава книги

ГОРНЫЙ ГНОМ

Этот металл занимает в периодической таблице элементов клетку между железом и никелем. Современное его название — кобальт. Соединения его применялись человеком еще за тысячи лет до того, как впервые этот металл удалось получить в чистом виде.

Еще в Древнем Египте и Китае соединения кобальта применялись для окраски стекол и глазурей в необыкновенно красивый и устойчивый синий цвет. Но получить чистый кобальт из руд его — а они были известны давно — обычными методами древней и средневековой металлургии не удавалось. И эти руды, внешне похожие на руды других металлов, но не дающие металла, германские мастера называли — кобольд. Это было имя злого горного гнома. Когда в 1735 году шведскому химику Брандту удалось выделить новый чистый металл, он и назвал его по имени злого горного гнома.

В XVIII и XIX веках кобальт почти не находил себе применения, только древнее применение для окраски стекла и керамики введением окислов кобальта не было забыто. Зато XX век нашел множество применений непокорному горному гному.

Впрочем, внешность кобальта отнюдь не соответствует злему названию, которым его наградили незадачливые средневековые металлурги. В чистом виде кобальт — это приятного белого цвета, с легким красноватым оттенком металл, ковкий и тягучий. Плавится он почти при той же температуре, что и чистое железо, — при 1490 градусах, кипит при 3185 градусах.

При обычной температуре на воздухе кобальт почти не окисляется. Только при нагреве до 300 градусов начинает он покрываться легкой пленкой окисла. Но порошкообразный кобальт (его можно получить восстановлением окислов кобальта водородом) при 250 градусах уже самовоспламеняется на воздухе.

Интересным свойством кобальта является его способность растворять в себе водород. Кусок твердого кобальта может растворить в себе до 35 объемов водорода, а порошкообразный кобальт — даже до 100 объемов.

Соединения кобальта встречаются во многих медных, никелевых и марганцевых рудах. Кобальт получают из шлаков, штейнов или огарков после переработки этих руд в качестве побочного продукта. Обычно кобальт выщелачивают из этих отходов подкисленной водой. Дальнейшее отделение кобальта от сопутствующих металлов — сложный и хлопотливый процесс.

Производство кобальта растет, хотя и не так быстро, как некоторых других металлов. Если в 1900 году во всем мире было получено всего 354 тонны этого металла, то в 1947 году мировое производство кобальта составило (без СССР) 6200 тонн.

Сплавы кобальта обладают разнообразными удивительными свойствами. Это и определяет их применение.

Сплав 35 процентов кобальта с 50 процентами железа и рядом других добавок обладает максимальной из всех известных материалов намагничиваемостью.

Сплав кобальта с платиной после соответствующей термообработки имеет огромную коэрцитивную силу — его очень трудно размагнитить.

Известны и другие сплавы кобальта, обладающие особыми магнитными свойствами и идущие для изготовления постоянных магнитов и деталей электрооборудования. Широко известны магнито и альнико — это тоже представители семейства кобальтовых сплавов.

Другая важная группа этого семейства — жаропрочные и жароупорные сплавы. Представителем их может служить распространенный сплав

виталлий. В его состав входят 65 процентов кобальта, 28 процентов хрома, 6 процентов молибдена, кроме того, доли процента углерода, железа и никеля. Этот сплав может длительно работать при температуре до 800 градусов, а при несколько более низких напряжениях — и при 900 градусах.

Из этого сплава изготавливают лопатки турбокомпрессоров и газовых турбин, детали реактивных двигателей и паровых котлов высоких параметров. Инженеры с удовольствием применяют этот сплав, и, если бы не высокая цена кобальта, он нашел бы еще более широкое распространение.

Жаропрочные сплавы кобальта применяются и в качестве связующих добавок при изготовлении твердых сплавов методом порошковой металлургии.

В качестве легирующей добавки кобальт входит в состав ряда сталей. Однако для того, чтобы проявилось облагораживающее влияние кобальта, его содержание в металле должно быть достаточно большим, обычно в пределах 5—10 процентов, но нередко и до 20 процентов. Это очень ограничивает применение кобальтовых сталей. И все же применяются быстрорежущие стали, содержащие до 10 процентов кобальта. Известны и магнитные стали, и жаропрочные стали, содержащие кобальт. Но еще шире используются соединения кобальта.

Прекрасные голубые и фиолетовые краски, применяющиеся для росписи фарфора, глазурей, эмалей, прекрасно растворяющиеся в стекле,— это соединения кобальта. Фиолетовые, желтые, зеленые краски, применяемые в разных производствах,— это тоже дети кобальта.

Хлористый кобальт обладает редким свойством изменять свой цвет под влиянием температуры и влажности. Так называемые симпатические чернила — это и есть раствор хлористого кобальта. Напишите им слово, дайте чернилам высохнуть, и на бумаге не останется и следа написанного. Но подержите листок над огнем, и ярко-синие буквы выступят на нем.

Покрасьте хлористым кобальтом льняную рубашку — в сухую погоду она будет голубой. Но стоит сгуститься тучам, пройти дождю, и хотя на нее не упадет ни одна капля, она станет розовой.

Соли кобальта применяются в качестве катализаторов некоторых химических реакций. Находят они себе применение и в медицине и в фотографии.

Интересны кобальтовые удобрения. Их внесение в почву не повышает урожая, но количество кобальта в растениях, выросших на земле, в которую внесены эти удобрения, резко возрастает. А ведь при недостатке кобальта в пище резко падает продуктивность сельскохозяйствен-

ных животных — коров, овец, коз. Впрочем, иногда солями кобальта непосредственно «удобряют» пищу животных.

Но, конечно, еще не все свои свойства раскрыл кобальт людям. И множество его применений просто еще ждет своих открывателей.

ВЕЧНЫЙ СПУТНИК ЖЕЛЕЗА

Слева от железа в периодической системе элементов располагается марганец. Это широко распространенный на земле металл. Земная кора содержит 0,09 процента марганца. Однако в чистом виде марганец не встречается.

Руды марганца имеются во многих странах мира — в Индии, в Бразилии, в Западной Африке и Южно-Африканской республике. Но богаче всех залежами марганцевых руд наша страна. Марганец у нас добывают на Украине — в районе Никополя, в Грузии — близ Чиатуры, в Западной Сибири, на Южном и Северном Урале, в Казахстане и других местах.

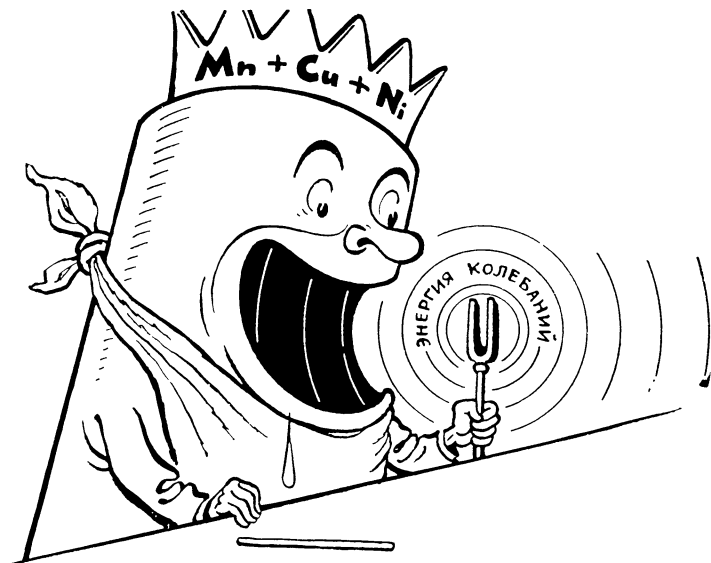
Металлический марганец был впервые получен шведским химиком Ю. Ганном в 1774 году. Но только в 1807 году русский химик А. И. Шерер дал сегодняшнее имя этому металлу.

Чистый марганец — серебристо-белый хрупкий металл. При 1245 градусах марганец плавится, при 2027 градусах — кипит. При комнатной температуре он почти не окисляется. При нагревании вступает в соединения со всеми неметаллами и в сплавы со всеми металлами.

Нелегко получить чистый марганец. При восстановлении его углем из окислов он вступает в соединение с углеродом, образуя карбид, который загрязняет получаемый металл. Только методами алюминотермии можно получить сравнительно чистый металл. Для этого порошок окислов марганца смешивают с порошком алюминия. Смесь поджигают. Алюминий отнимает кислород у марганца, восстанавливая металл. Возможен и электролизный способ получения этого металла.

Но очень редко получают чистый марганец. Ведь подавляющая часть его, почти 95 процентов, идет в металлургическую промышленность — мы не раз упоминали о том, что раскисление сталей и чугунов производится добавкой марганца. Марганец содержится во всех без исключения видах сталей и чугунов. Повышение его содержания до 13—14 процентов делает сталь особенно износостойчивой. Но для этих целей вовсе не нужен чистый марганец. Отлично устраивает и сплав его с железом, содержащий 70—80 процентов марганца, — так называемый ферромарганец.

Выплавляют ферромарганец из марганцевой руды в обыкновенных доменных печах, только температуру в них приходится при этом держать



Можно только приветствовать такой аппетит!

более высокую, чем при плавке чугуна. Высококачественный ферромарганец для раскисления легированных сталей получают в шахтных дуговых электрических печах.

Металлургов так мало интересовал сам марганец, что они долгое время вообще почти ничего не знали о свойствах его собственных сплавов. «Хрупкий металл,— определили они,— неспособный для самостоятельной деятельности. Лишь в качестве добавки к другим металлам имеет он право на существование...» И только в 1917 году русские ученые С. Ф. Жемчужный и В. К. Петрашевич обнаружили, что уже незначительные примеси меди — около 3,5 процента — делают марганец пластичным. Дальнейшие исследования показали, что пластичность сообщают марганцу также добавки никеля, железа и кобальта.

А сегодня металлурги уже считают, что сплавы марганца с железом, никелем, цинком, помимо ряда специальных ценных свойств, обладают и отличными механическими качествами. Так, сплав, содержащий около 90 процентов марганца и 10 процентов меди, обладает пределом прочности на разрыв в 55 кг на кв. мм. Мы знаем, это совсем неплохо. По своим свойствам сплавы марганца способны в целом ряде

случаев заменить латуни, мельхиор и т. д. И, вероятно, будут заменять их все решительнее.

Сплавы марганца с медью и никелем нельзя назвать звонкими. Из них не отольешь колокол, а если бы кто-нибудь все-таки отлил, звонить такой колокол не станет. Ударит по нему молоток, раздастся короткий глухой звук — и все. Колебания стремительно затухнут. Это свойство поглощать энергию колебаний называется демпфированием. Названные марганцевые сплавы в высшей степени обладают этим свойством.

Таков марганец — вечный спутник и сосед железа.

КИСЛОТЫ ТЕРЯЮТ ВЛАСТЬ

Хром (его клетка в периодической системе соседствует с марганцем) долго не давался людям. Открыл его в 1797 году французский химик Л. Воклен при разложении красной свинцовой руды, привезенной в Париж русским академиком Палласом. Но в чистом виде этот металл был получен только в 1854 году.

Хром, серовато-белый блестящий металл, видели все. Это им покрыта сверкающая обшивка автомобилей, мотоциклов, велосипедов. Но мало кто знает, что красная окраска похожего на каплю горячей крови рубина и зеленого, как морская вода, изумруда вызывается наличием хрома. Кстати, и имя свое хром получил от греческого слова «краска». Дано оно было ему за яркую окраску его соединений.

Температура плавления хрома выше, чем у большинства металлов, соседствующих с железом и медью: она равна 1910 градусам, но уже при 2480 градусах хром кипит.

Не в пример марганцу, чем чище хром, тем он пластичнее, тем легче поддается механической обработке. Примеси делают его хрупким. На воздухе он очень устойчив. Вспомните обрызганные грязью, в которой каких только нет разъедающих примесей, ободы колес вашего велосипеда: провели вы влажной тряпочкой — снова сияют первоначальным блеском. Ни следа на них коррозии. Даже никель покрывается тусклой пленкой окисла в таких условиях, а хром выдерживает!

Основной потребитель хрома — это, конечно, металлургия. Хром, так же как никель, — важнейший витамин стали. И так же, как марганец, хром в металлургию поступает не в виде химически чистого металла, а в сплавах с железом. Феррохромом называют эти сплавы. Получают их восстановлением хромистого железняка углем в шахтных дуговых электрических печах. В зависимости от требуемой чистоты феррохром могут подвергать дополнительной очистке. Но во всех случаях содержание хрома в сплаве должно составлять не менее 60—65 процентов.



С ним можно встретиться в каждой живописной мастерской.

Крупным потребителем хрома является и машиностроение: красивые, гигиеничные, удобные в уходе хромированные детали встречаются во многих машинах и механизмах, бытовых приборах и устройствах и т. д.

Чистый металлический хром для этих целей получают алюмотермическим восстановлением окиси хрома или электролизом растворов некоторых его солей.

Добавки хрома в стали сообщают им особую твердость, поэтому стали, использующиеся для изготовления режущих инструментов, часто содержат хром. Его там не очень много — от 0,6 до 1,5 процента. Именно из такой хромистой стали изготавливают бесчисленные сверла, резцы, плашки, метчики, хирургические инструменты, калибры, бритвы и т. д.

Твердость хромистой стали делает ее незаменимым материалом и для изготовления шариков подшипников.

Особенно известен среди твердых сплавов хрома стеллит. Он состоит

из 30 процентов хрома, 55 процентов кобальта, 12 процентов вольфрама и 3 процентов железа.

Добавки хрома сообщают сталям жаростойкость, кислотоупорность, большую сопротивляемость коррозии. Но эти стали содержат уже значительно больший процент хрома. Так, «нержавейка» на 12,5—18,5 процента состоит из хрома. Жароупорная хромистая сталь содержит 25—35 процентов этого металла. Из этих сталей делают детали паровых турбин, паровых котлов высокого давления и т. д.

Впрочем, далеко не вся добываемая руда хрома идет на выработку этого металла. Значительная часть ее используется для изготовления огнеупорного кирпича: ведь она плавится при очень высокой температуре — около 2200 градусов. Своды стены и поды многих металлургических печей выкладывают из кирпича, в состав которого входит руда хрома.

Целый ряд применений находят и различные соединения хрома. Здесь и красители, и фотоматериалы, и катализаторы для некоторых химических процессов, и лекарства.

Но главное в трудовой жизни этого металла — быть великим помощником стали, облагораживать ее свойства, оказавшись в сплаве с главным металлом, защищать его, будучи нанесенным в качестве покрытия.

А в будущем? Кто скажет, может быть, хрому найдутся и важные самостоятельные роли в могучем ансамбле материалов, которые использует человечество.

НЕ ТОЛЬКО ДЛЯ ОРУДИЙНЫХ СТВОЛОВ

Из руды этого металла изготавливали грифели карандашей, такая она мягкая. А в последние годы, научившись отделять ее от всех посторонних примесей, стали применять в качестве твердой смазки. И четыреста лет назад и сейчас она соперничает с графитом.

Внешне эта руда — геологи называют ее молибденитом — очень похожа на руду свинца — свинцовый блеск. Поэтому и название молибдена по-гречески означает «свинец».

Но отнюдь не мягкий характер у таящегося в этой руде металла.

В 1778 году шведский химик К. Шееле впервые получил «молибденовую землю» — окисел молибдена.

Но только в 1895 году удалось выделить чистый молибден.

Молибден занимает клетку периодической системы элементов, расположенную сразу под хромом. Поэтому их химические свойства очень похожи. Но физические свойства молибдена очень отличны от хрома.

Молибден имеет значительно больший удельный вес, чем хром, — 10,3 г на куб. см. Он плавится при очень высокой температуре — 2620 градусов, а кипит при 4700 градусах. Он очень прочен. Предел прочности

на разрыв тянутой проволоки 140—200 кг на кв. мм. Даже отожженная молибденовая проволока выдерживает до 90—120 кг на кв. мм.

При обыкновенной температуре молибден на воздухе не окисляется. Только при 500—600 градусах этот процесс в кислороде протекает столь интенсивно, что молибден загорается. Многие кислоты на него не действуют вовсе.

Молибден стал важнейшим витамином стали после того, как на Путиловском заводе в 1886 году была выплавлена сталь, содержащая 3,72 процента молибдена. Свойства ее оказались столь высокими, что внимание многих металлургов мира было прикованным к молибдену.

Вскоре же, в 1890 году, был разработан способ получения ферромolibдена восстановлением окислов молибдена кремнием или алюминием. И новый ферросплав широким потоком пошел для легирования инструментальных, конструкционных, нержавеющих и других сталей. И сегодня свыше 90 процентов всего добываемого молибдена идет в качестве легирующих добавок стали.

Чистый металлический молибден в виде тонкого порошка получают из окиси молибдена восстановлением водородом. Этот порошок прессуют, спекают, подвергают механической и термической обработке. Из него изготавливают ленты, проволоку, штампованные изделия. Чаще всего их можно увидеть за темным стеклом радиолампы. Впрочем, проволоочки, поддерживающие вольфрамовую нить обычной электрической лампочки, тоже обычно делаются из молибдена. Их может увидеть каждый.

Но, наверное, далеко не каждый знает, из-за каких свойств выбран для этой службы молибден. А причина в том, что чистый молибден отличается высоким постоянством размеров при температурах до 1000 градусов. Он почти не удлиняется при нагревании до этих температур. А именно такой металл только и может быть впаян в стекло электрической лампочки: ведь он должен удлиняться и укорачиваться вместе со стеклом, хотя прогревается он, конечно, раньше. Иначе поддерживающая его стеклянная ножка лопнет в месте впая в металл.

Производство молибдена претерпевало разные колебания, однако общая тенденция остается прежней — его вырабатывается все больше и больше. Особенно вырастает производство молибдена в годы войн. Так, если с 1 тонны этого металла, полученной во всем мире в 1900 году, его производство к 1914 году выросло до 150 тонн, то уже в 1916 оно поднялось до 300 тонн, а в 1921 году упало до 120 тонн. Затем начался новый рост производства молибдена, и в 1943 году в капиталистических странах оно достигло 30 500 тонн, чтобы в 1945 году сразу же упасть до 16 тысяч тонн.

А ведь молибден — это не только сталь орудийных стволов. Шестерни и валы, паровые котлы и турбины — это тоже молибденовая сталь.

До Великой Октябрьской революции в России не было и зародыша



Как ни горячись, а его из равновесия не выведешь.

молибденовой промышленности. В настоящее время у нас вырабатывается столько этого металла, что мы давно уже прекратили его ввоз из-за границы.

Молибден получают в виде слитков весом по 450 кг, а из них уже прокатывают листы толщиной до 0,5 мм и другие изделия.

САМЫЙ ПРОЧНЫЙ, САМЫЙ ТУГОПЛАВКИЙ

Знаменитый шведский химик Карл Шееле (его имя мы уже несколько раз упоминали на этих страницах) был по профессии аптекарем. Он родился в 1742 году, умер в 1786 году членом Стокгольмской Академии наук. Все свободное от работы время он отдавал химическим опытам. Немало блестящих открытий сделал за недолгие годы жизни этот король

эксперимента! Он открыл кислород, хлор, барий, марганец. Ему же принадлежит и честь открытия вольфрама.

Почти сто лет это открытие не имело последствий: вольфрам оставался бесполезным металлом. Только в 1864 году англичанин Роберт Мюшет впервые ввел вольфрам в сталь. Почти 5,5 процента вольфрама содержала эта сталь, названная «самокалом Мюшета». И это было вторым рождением металла.

До этого времени скорость резания металла не превышала 5 метров в минуту. Именно с этой максимальной скоростью сбегала стружка из-под токарных и строгальных резцов. При повышении скорости резания сталь резца быстро размягчалась и тупилась.

Резцы, сделанные из «самокала Мюшета», позволили в полтора раза увеличить скорость резания, довести скорость сбегания стружки до 7,5 м в минуту.

Через сорок лет появилась быстрорежущая сталь. Скорость резания выросла до 18 м в минуту. Сталь, позволившая сделать этот прыжок, содержала до 8 процентов вольфрама. А еще через несколько лет вольфрам позволил поднять скорость резания до 35 м в минуту. В семь раз выросла производительность металлорежущих станков!

Сталь не смогла выдержать большей скорости резания, но вольфрам поднял ее еще выше. В 1907 году был создан первый «твердый сплав». В нем не было по существу железа — только вольфрам, хром и кобальт. Этот сплав дал возможность поднять скорость резания до 45 м в минуту. Современные твердые металлорежущие сплавы еще подняли эту цифру. Сегодня она составляет уже тысячи метров в минуту. И в них основным составляющим является карбид вольфрама.

Впрочем, тайной вольфрама владели еще древние металлурги. В металле некоторых образцов дамасских сталей также обнаружено присутствие вольфрама.

Вольфрам был первой легирующей добавкой к сталям, и, конечно, одним из первых его применений была добавка к орудиюному металлу. Он резко поднял его стойкость. Это сразу же оценили немецкие инженеры, и поэтому в годы первой мировой войны легкие пушки германского производства выдерживали до 15 тысяч выстрелов, тогда как французские выходили из строя после 8 тысяч. А добыча вольфрама в это время превзошла добычу никеля, сурьмы и многих других элементов: с 200—300 тонн в год в начале века она в 1918 году достигла 32 тысяч тонн. Впрочем, уже в 1921 году она снова упала до 5 тысяч тонн. В 1941 году добыча вольфрамового концентрата достигла (без СССР) 47 тысяч тонн. Основными поставщиками его являются Китай, Бирма, США, Боливия, Португалия.

В настоящее время 80 процентов всего добываемого вольфрама идет на легирующие добавки в качественные стали. Около 15 процентов рас-

ходуется на изготовление твердых сплавов современных резцов. Оставшиеся 5 процентов перерабатываются на чистый вольфрам — металл, обладающий удивительными свойствами.

Попробуйте расплавить этот серебристо-белый металл. Вам придется поднять его температуру до 3410 градусов. Немногие из металлов при такой температуре остаются и в жидком-то состоянии. Большинство кипит при более низкой температуре.

А вольфрам кипит только при 6000 градусов. Даже на поверхности Солнца он может еще находиться в жидком, а не в парообразном состоянии!

Чистый вольфрам обладает и невероятной прочностью, превосходящей прочность лучшей стали. Временное сопротивление разрыву вольфрамовой проволоки достигает 400 кг на кв. мм. И эту фантастическую прочность вольфрам сохраняет даже при нагреве до 800 градусов!

Вместе с тем чистый вольфрам обладает завидной пластичностью. Из него можно вытянуть проволоку, 80 км которой будут весить всего 200 г!

Ферровольфрам выплавляют в дуговых электропечах в присутствии угля с добавкой железного лома и флюсов. Чистый вольфрам в виде порошка получают восстановлением окисла вольфрама водородом или углеродом. Полученный тонкий порошок прессуют и спекают, нагревая пропусканием электрического тока до 3000 градусов.

Из этого вольфрама и вытягивают нити накаливания электроламп, штампуют детали радиоламп, рентгеновских трубок, электроды для кон-



На пьедестале почета.

тактной и атомно-водородной сварки и другие детали машин и устройств, которым предстоит работать при сверхвысоких температурах.

Таков вольфрам — самый прочный и самый тугоплавкий из всех металлов, самоотверженный работник в самых горячих местах машин и приборов, созданных человеком.

СОСЕД „БЛАГОРОДНЫХ“

Этот металл открывали много раз. Впервые это сделал Д. И. Менделеев, предсказавший его свойства. Это было действительным, хотя и чисто умозрительным открытием. Затем о том, что его наконец получили, сообщали С. Керн в 1877 году, Баррьер в 1894 году, Огава в 1908 году и т. д. Может быть, некоторые из этих ученых действительно имели дело с «дви-марганцем» Менделеева. Однако утвердить окончательно свое открытие они не могли. Загадка оставалась неразгаданной.

В 1922 году немецкие химики В. и И. Ноддак начали систематические поиски аналогов марганца. Из килограмма руды, содержащей молибден, вольфрам, рутений и осмий, они выделили 0,2 грамма сплава этих элементов. Спектральный анализ указал, что здесь содержится и еще неизвестный элемент. Ученые сообщили о своем открытии в 1925 году. В честь Рейнской области они назвали его рением.

Это тяжелый (тяжелее золота, ведь его удельный вес 20 г на куб. см) серебристо-белый металл, похожий внешне на серебро. Он чрезвычайно тугоплавок. Только вольфрам имеет более высокую, чем рений, температуру плавления: 3170 градусов надо, чтобы расплавить рений. Кипит он при фантастически высокой температуре — 5870 градусов!

Рений обладает исключительной химической стойкостью. При нагреве до температуры в 1500 градусов он почти не соединяется с кислородом. Даже вольфрам уступает ему в этом. К тому же он меньше, чем вольфрам, расплывается при высокой температуре, поэтому вольфрамовые нити накала иногда покрывают рением. Есть сообщения, что и прочность рения при высоких температурах выше, чем прочность вольфрама.

Рений отличается исключительной стойкостью и против действия кислот, поэтому его пытаются добавлять в нержавеющие стали. Может быть, со временем он станет важнейшим витамином стали.

Вероятно, рений будет широко применяться для изготовления термопар.

Еще в очень небольших количествах добывается этот металл, чтобы можно было начать его широкое применение.

Рений — типичный рассеянный элемент. Только в некоторых молибденовых рудах иногда содержится до 0,01 процента рения. Из таких руд, из отходов молибденового производства его и добывают.

Справа в периодической системе элементов с рением соседствуют благородные металлы. Но он ближе к помощникам стали, к вольфраму, который является его соседом с другой стороны.

СЕКРЕТ НЕУТОМИМОСТИ

«Если бы не было ванадиевой стали, — сказал американский автомобильный король Генри Форд, — то не было бы и моего автомобиля».

«Если бы не было ванадия, не было бы некоторых групп животных», — считают зоологи, сообщая, что в крови голотурий содержится до 10 процентов ванадия.

Эти два мнения приводит академик А. Е. Ферсман, начиная свою поэтическую статью о ванадии, металле, который, несмотря на свою распространенность, долго не давался в руки человеку.

Ванадий был открыт в 1801 году мексиканским минералогом А. Дель Рио в бурой свинцовой руде. Дель Рио даже дал название новому металлу — эритроний. Но ученого мучили сомнения в точности его определения.

Он поставил новые опыты, посоветовался с друзьями и пришел к выводу, что описанный им новый элемент есть недавно открытый хром. Об этом он и объявил во всеуслышание в 1802 году.

В 1830 году шведский химик Н. Седстрём открыл в железной руде новый элемент, которому дал название «ванадий» — по имени древнескандинавской богини красоты Ванадис. А в 1831 году было доказано, что эритроний Дель Рио и ванадий Седстрёма — один и тот же металл.

Но только в 1869 году английский химик Г. Роско после нескольких лет напряженных поисков сумел получить металлический ванадий, да и то содержание примесей в нем превышало 4 процента. А между тем даже незначительные примеси резко изменяют свойства ванадия. В очень чистом виде этот металл серебристо-серого цвета, обладает значительной пластичностью, его можно ковать. Но даже небольшие количества примесей — особенно азота, кислорода и водорода — резко снижают пластические свойства металла: он становится очень хрупким и твердым.

Впрочем, механические свойства чистого ванадия изучены очень плохо. Ведь не существует ни в одной стране мира промышленного производства чистого ванадия. Только в лабораториях можно найти образцы этого металла той или иной степени чистоты.

А между тем ванадий имеет перспективы сыграть и сольную партию в оркестре металлов, используемых человеком. Он обладает значительной механической прочностью, большой коррозионной устойчивостью до температуры в 300 градусов, высокой температурой плавления — около 1700 градусов, меньшим, чем у железа, удельным весом — около 6 г на куб. см. Ванадий широко распространен в природе. Его в земной коре значительно больше, чем кобальта, молибдена, меди, свинца и олова.

Что ж, возможно, настанет время и ванадий будет распространенным конструкционным материалом. Из него будут делать детали машин, сооружений, как сейчас из стали и алюминия. Будет исследовано и многочисленное семейство сплавов ванадия, как сегодня исследованы сплавы железа и меди.

Но в настоящее время ванадий — металл-витамин; 95 процентов всего производимого ванадия идет в черную металлургию, используется в качестве легирующих примесей стали.

Обычно в сталь добавляют 0,15—0,20 процента ванадия. Это очищает сталь, ибо ванадий является отличным раскислителем. Вместе с тем его присутствие повышает упругость стали и ее прочность. Сталь становится неустойчивой. Она не устает отвечать упругим противодействием на силу, стремящуюся согнуть, деформировать изделие из нее, словно ванадий знает секрет неустойчивости и, войдя в сталь, сообщает ей его, умножив ее силу и выдержку. Именно поэтому ванадий — обязательный элемент в рессорных и пружинных сталях. Ванадий увеличивает сопротивляемость сталей окислению, уменьшает усадочные раковины в литках стали.

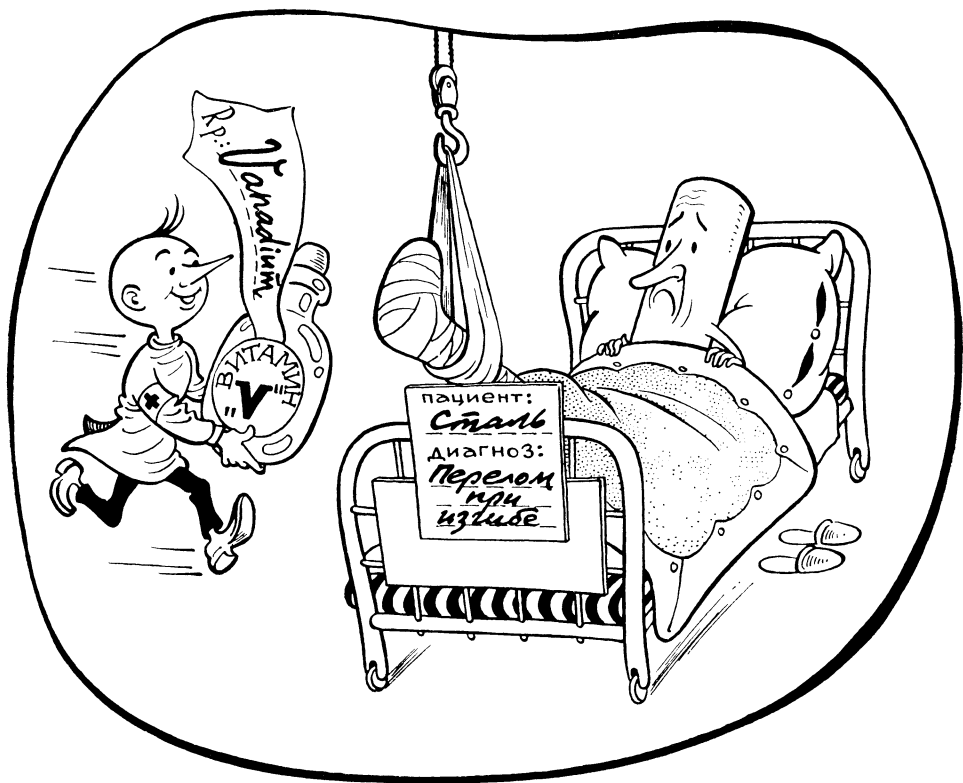
Ванадиевые стали используются в автомобилестроении, авиации, различных других отраслях машиностроения.

Не только у стали улучшаются свойства от добавки ванадия. И чугуны делают качественнее этот металл-витамин. Из ванадиевого чугуна отливают паровые цилиндры, поршневые кольца, изложницы, прокатные валки, матрицы для холодной штамповки и т. д.

В 1907 году было во всем мире получено около 3 тонн ванадия. К 1943 году эта цифра поднялась до 4 300 тонн (без СССР). В дальнейшем выплавка ванадия колебалась около этой цифры.

Однако весь или почти весь этот ванадий выплавляется в сплаве с железом. В нашей стране ванадий получают из железных руд при их переработке в сталь.

Многие советские железные руды содержат от 0,1 до 0,65 процента окислов ванадия. Это считается очень неплохим процентом, ибо концентрованных руд ванадия на Земле очень мало. При доменной плавке почти весь ванадий из руды переходит в чугун. При переделе чугуна в сталь конверторный процесс ведут таким образом, чтобы ванадий перешел



Радикальное средство.

в шлак. Удаётся получить шлаки, содержащие от 8 до 16 процентов окислов ванадия. Эти шлаки размалывают, обжигают, смешав с некоторыми добавками, чтобы перевести ванадий в растворимые соединения, а затем выщелачивают из них ванадий. Из осадка этого раствора и выплавляют затем феррованадий. Обычно он содержит не менее 35 процентов ванадия.

Нашли себе применение и многие соединения ванадия. Пятиокись ванадия является отличным катализатором при производстве серной кислоты. Другие его соединения используются в медицине, в фотографии, текстильной и лакокрасочной промышленности, в стекольном производстве.

Но, конечно, все это только начало большой службы ванадия человеку. Он работает сейчас еще не в полную силу, и даже не в полсилы. Этот металл может значительно больше!

И только одно сильно тормозит его широчайшее применение: отсутствие концентрированных руд ванадия. Его много в природе, но он рассеян всюду. Вопрос о том, как собрать его, еще предстоит решить людям.

СОПЕРНИК ЖЕЛЕЗА

От самого слова «титан» веет чем-то могучим, несокрушимым. Вспоминаются боги Древней Греции, сыны Урана (неба) и Геи (земли), составившие против самого Зевса. Побежденные, они были низвергнуты в вечный мрак подземного царства. А последнего из титанов, рассказывают греческие мифы, Прометея, который похитил у богов огонь и научил людей обращению с ним, властный бог приковал к одной из скал далекого Кавказа. Но и осужденный на вечные муки, не смирился он, упрямый и непреклонный.

Впрочем, когда немецкий химик Мартин Клапрот открыл в 1795 году новый металл, он ничего по существу не знал об его удивительных свойствах. Мало того, ни крупинки этого металла не держал он в руках, ибо получить ему удалось только серый порошок окисла металла — «землю», как говорили тогда. А имя образующему эту «землю» металлу, по его собственному признанию, он дал просто по традиции, — обратившись к греческой мифологии.

Впрочем, английский химик Вильям Грегор на четыре года раньше столкнулся с титаном. Но — так исторически получилось — не ему выпала честь назвать металл. Данное им название не прижилось. А тот факт, что два химика почти одновременно в разных горных породах открыли наличие одного и того же металла, свидетельствует о его широкой распространенности в земной коре.

Действительно, содержание титана в земной коре превосходит 0,6 процента. Это очень много. Титан — четвертый по распространенности металл. Больше в земной коре содержится только алюминия, железа и магния. Титана в три раза больше, чем марганца, хрома, ванадия, цинка, никеля и меди, вместе взятых.

Но, несмотря на то что титан относится к числу самых распространенных элементов, он долго не давался людям. Только в 1910 году удалось впервые получить металлический титан. Первые несколько граммов нового металла не отличались высокой чистотой. Да и долгие годы еще удавалось получать только загрязненный металл. И о титане прошла дурная слава как о непрочном, хрупком, бесполезном металле, не под-

дающемся обработке. И долго считали, что единственное применение ему — быть легирующей добавкой в сталях да идти на производство высококачественных белил.

Только в последние годы и десятилетия развеялась эта слава. Металлурги изучили свойства титана и были изумлены ими. Они оказались несравнимо лучшими, чем у тех металлов и сплавов, которые издавна служили человеку. Оказалось, что титан почти вдвое легче железа, но обладает прочностью, превосходящей прочность углеродистых сталей и приближающейся к лучшим нержавеющей сталям.

Это колоссальное преимущество! Представим себе, что на турбореактивном двигателе самолета заменили стальные лопатки компрессора титановыми. Их вес составит всего 59 процентов от веса стальных лопаток. Но ведь это повлечет за собой изменение всей конструкции двигателя. Более легким стал ротор — менее массивными, жесткими можно сделать опоры, подшипники ротора. Уменьшение массы ротора позволяет быстрее заводить и разгонять турбореактивный двигатель. И т. д. и т. д. Он позволяет облегчить самолет, а значит, увеличить дальность его полета, высоту, скорость, грузоподъемность.

Титан обладает высокой температурой плавления — 1680 градусов. Своей прочности он не теряет при нагревании до 537 градусов. Добавкой легирующих элементов эту температуру можно поднять до 650 градусов. А ведь прочность магниевых и алюминиевых сплавов резко падает уже при температурах около 315 градусов.

Растут скорости самолетов, и огромную роль начинает играть их аэродинамический нагрев, нагрев о встречный воздух. Еще сильнее нагреваются, проходя сквозь плотные слои атмосферы, высотные ракеты. На всесоюзной Выставке достижений народного хозяйства СССР летом 1959 года демонстрировалась головная часть такой ракеты, заброшенной к преддверию космического пространства и на парашюте опустившейся на Землю вместе с заключенными в ней приборами. Но парашют раскрылся недалеко от Земли, а большую часть атмосферы ракета прошла со скоростью нескольких километров в секунду, и страшный жар от встречного потока воздуха опалил поверхность ракеты. Так и лежит она со следами небесного огня, родственного тому, которым пылают в ясные ночи метеориты.

Как важно иметь металл, который выдерживал бы высокую температуру нагрева и не размягчался, не терял своей высокой прочности!

Титан обладает удивительной антикоррозионной стойкостью. Пластинку титана можно выбросить на улицу — пройдет год, с дождями, грязью, морозами, оттепелями, и следа ржавчины не появится на ней. Железная, испытывавшая столько же, вся покроется ржым налетом или

даже насквозь проржавеет. И эти антикоррозионные свойства титан сохраняет до 400—500 градусов. А легированный хромом, алюминием и кремнием — и еще дальше.

По своей антикоррозионной стойкости титан превосходит нержавеющие хромоникелевые стали. На него не действует даже страшная для многих металлов морская вода.

Многие кислоты не страшны для титана. Против него бессильна даже всеядящая «царская водка».

Все это открывает титану широкий путь для использования в морском и речном флоте, в химической и пищевой промышленности. Вероятно, титановые танкеры и титановые корпуса океанских кораблей — реальность ближайшего времени.

Выгодна ли замена дорогим сегодня титаном более дешевых материалов? Да, в целом ряде случаев.

Вот один пример. В химическом реакторе работала в горячей азотной кислоте мешалка из нержавеющей стали. Трудно противиться этой кислоте, учитывая еще то, что ее агрессивные способности умножены высокой температурой. И каждые несколько месяцев мешалку приходилось менять: даже всемогущая «нержавейка» не выдерживала более продолжительное время разъедающих атак кислоты.

Для смены мешалки останавливали весь цикл производства. Стоило это в десять раз больше, чем сама съеденная кислотой деталь.

И вот мешалку сделали из титана. Правда, обошлась она втрое дороже, чем прежние из «нержавейки». Но она проработала без замены целых пять лет.

А теперь подумайте, рациональна ли была эта замена?

Детали из нержавеющей стали, работающие в выщелачивающем автоклаве, приходится заменять каждые несколько часов. А титановые работают несколько лет.

Чугунные диффузоры пароструйных эжекторов меняют каждые три месяца. Титановые служат, не требуя замены, по нескольку лет.

Рационально ли внедрение титана во всех этих случаях?

Мы знакомы с железом. Буквально по всем показателям превосходит титан этого сегодняшнего «короля металлов». И как только ученые и металлурги выяснили это, начало стремительно расти производство юного металла. Приведем несколько цифр. В 1910 году впервые в мире были добыты граммы титана. В 1947 году в США получены первые две тонны этого металла. К 1951 году производство титана достигло 500 тонн, а в 1956 году приблизилось к 40 тысячам тонн. В 1960 году в США, по зарубежным данным, предполагалось получить 350 тысяч тонн титана!

История металлургии знает примеры того, как быстрый рост потребности вызывал не менее стремительный рост производства того или ино-

го металла. Такова, например, судьба алюминия, из которого во времена наших прабабушек ювелиры выделывали драгоценнейшие броши, а в наши дни штампуют сотнями тысяч экземпляров раскладные кровати. Но такого стремительного взлета еще не знал ни один металл.

И это при условии, что далеко не все свойства и особенности титана выяснены и приняты на вооружение. Очень многое еще не ясно. В бесчисленных металлургических лабораториях ученые испытывают сейчас тайны титана. Его рвут на части, гнут, испытывают при высоких и сверхнизких температурах, сплавляют с другими металлами, сваривают, действуют токами высокой частоты и ультразвуком. Стремятся изучить новичка со всех сторон, как сегодня со всех сторон изучено железо.

Сколько интересного открывается ученым!

Оказывается, что легирование вольфрамом, алюминием, бериллием и бором уменьшает скорость ползучести титана при высокой температуре в 25—40 раз.

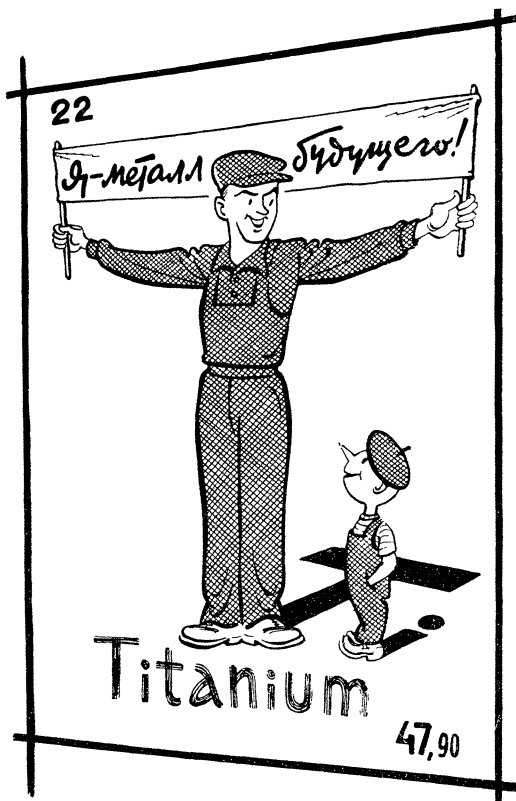
Даже незначительные количества азота, кислорода и водорода в титане резко изменяют его свойства — он становится прочнее, но снижают его пластические свойства.

Наиболее перспективны сплавы титана с алюминием. И т. д. и т. д.

Титан — металл с огромным будущим. За это — и его удивительные свойства, и широкая распространенность в природе, и наличие больших залежей руд, содержащих значительные количества титана.

Пока еще сложна и дорога технология его производства. Но и она упрощается с каждым днем, и титан с каждым днем дешевеет. За три года — с 1955 по 1958 — цена титана на мировом рынке упала вдвое.

Дорогу титану — металлу удивительных возможностей!



Хвастовство? Нет, уверенность!

РАБОТА ПО СОВМЕСТИТЕЛЬСТВУ

Мы говорили только о работе титана по его основной специальности — в качестве материала, из которого конструкторы проектируют детали химической аппаратуры, сверхскоростных самолетов, космических ракет. Но титан совсем недавно перешел на эту должность. Прежде у него были другие дела, которые, впрочем, остаются и останутся за ним, каких бы удивительных успехов он ни достиг в других областях. Пусть эти дела скромнее, но и они важны для человека.

Самым первым применением титана было использование его соединения с кислородом для изготовления белой масляной краски. Титановые белила считаются лучшими в мире. Они обладают высокой кроющей способностью и постоянством состава.

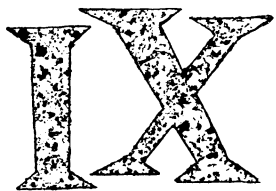
Применяют окислы титана для изготовления тугоплавких стекол, люминесцентных светящихся составов, дымообразующих веществ (они применяются отнюдь не только в военном деле, а и, например, при окуливании посадок во время весенних заморозков), катализаторов, работающих при производстве синтетического каучука, и т. д.

Важное значение приобрел и карбид титана — его соединение с углеродом. Это вещество, обладающее высочайшей твердостью, входит в состав многих металлокерамических сплавов.

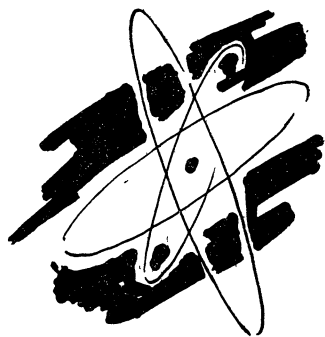
Нельзя забыть и «служебных» функций титана в металлургии. Используя его величайшую химическую жадность, титан применяют в качестве раскислителя стали. Титан удаляет из раскисляемого металла не только кислород, но попутно и азот: ведь титан жадно соединяется при высоких температурах с этим газом. Вместе с тем присутствие титана в стали улучшает ее качество. Титан, главный металл завтрашнего дня, — тоже один из витаминов главного металла сегодняшнего дня.

Наряду с внедрением титана — конструкционного материала будет расти и применение титана в других разнообразных отраслях техники.





ТОПЛИВО ЯДЕРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ



Великий Менделеев гениально предвидел изумительные свойства последнего элемента составленной им периодической системы. Он писал:

«Убеденный в том, что исследование урана, начиная с его природных источников, поведет еще ко многим новым открытиям, я смело рекомендую тем, кто ищет предметов для новых исследований, особо тщательно заниматься урановыми соединениями».

Это было опубликовано в 1872 году. И уже в 1896 году сбылось предвидение русского ученого, ибо в феврале этого года французский физик Анри Беккерель сделал интереснейшее сообщение в Парижской Академии наук.

Вот отрывки из протокола об этом сообщении:

«...фотографическую бромо-серебряную пластинку Люмьера оберты-

43 Tc Технеций 99	82 Pb Свинец 207,21	83 Bi Висмут 209,00	84 Po Полоний 210	85 At Астатий 210	86 Rh Радон 222	87 Fr Франций 223	88 Ra Радий 226,05
-----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

89 Ac Актиний 227	90 Th Торий 232,12	91 Pa Протактиний 231	92 U Уран 238,07	93 Nr Нептуний 237	94 Pn Плутоний 239	95 Am Америций 241	96 Cm Кюрий 242
-----------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------

97 Bk Беркелий 243	98 Cf Калифорний 244
------------------------------------	--------------------------------------

вают двумя листами очень плотной черной бумаги... На положенный сверху лист бумаги накладывают какое-либо фосфоресцирующее вещество (бисульфит урана и калия)... При проявлении пластинки на черном фоне появляется силуэт фосфоресцирующего вещества».

Крохотный лучик, засветивший фотопластинку в опыте Анри Беккереля, был первым лучом зари грядущего века атомной энергетики. Но немало труда должны были еще положить ученые, чтобы во всю ширь горизонта засияло зарево этой зари.

Пьер Кюри и Мария Кюри-Складовская были первыми, продвинувшими дальше работы Беккереля. В чудовищно тяжелых условиях получили они первые крупинки казавшегося тогда самым чудесным элементом на свете — радия. Всю жизнь посвятила оставшаяся одна Складов-



ская исследованиям чудесного металла и погибла от болезни, которой только десятилетиями позже придумали имя — «лучевая».

На одной из всемирных выставок демонстрировались страницы из дневника лабораторных записей, которые вела Складовская. Когда к чуть пожелтевшим листкам бумаги подносили трубку Гейгера, прибор начинал трещать, засекая лавины элементарных частиц. Это с тонких пальцев женщины-ученой, перебравших по крупинкам сотни тонн урановой руды, попали сюда пылинки радиоактивных элементов, и донные сохранивших свою казавшуюся тогда волшебной силу радиации.

И все же уран и радий оставались просто экзотическими казусами природы. Только открытия, сделанные в конце тридцатых годов, поставили реально на повестку дня вопрос о практическом использовании заключенной в ядре атома энергии.

Сегодня уже целый ряд электростанций в разных странах мира работает, используя энергию атомного ядра. Самая первая в мире такая электростанция была построена в нашей стране. В нашей стране спущен на воду и первый в мире атомный ледокол.

С энергией урана связаны великие надежды и великие опасения человечества. Целью всех прогрессивных людей стало поставить эту энергию на службу миру и прогрессу.

Будущее урана — это атомные космические ракеты и самолеты, движущиеся с фантастической скоростью в ионосфере, гигантские суда, обеспеченные одним зарядом «топлива» на десятки лет, и карманные фонари, одной батарейки которых хватает на всю жизнь человека. Будущее урана — это преобразование климата материков планеты, сооружение искусственных островов и уничтожение «лишних» горных хребтов, отепление Арктики и обводнение пустынь.

Вот какие фантастические перспективы сулит этот удивительный металл!

ТЕЗКА СЕДЬМОЙ ПЛАНЕТЫ

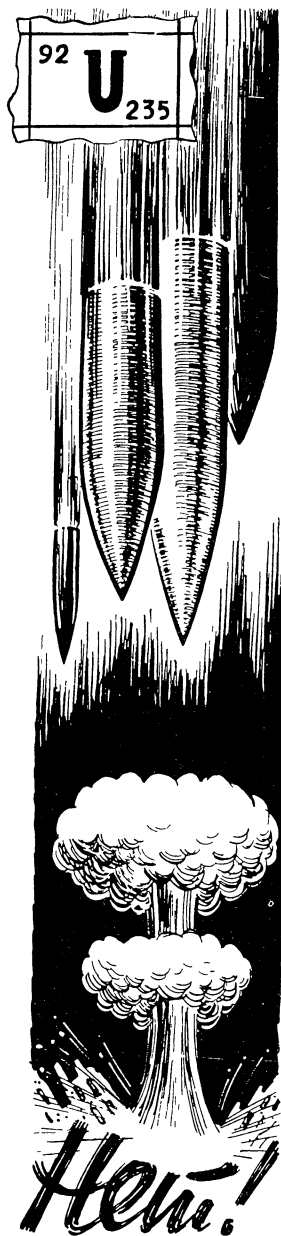
В 1781 году знаменитый английский астроном Вильям Гершель, наблюдая с помощью самодельного телескопа небо, обнаружил светящееся облачко, которое принял сначала за комету. Однако дальнейшие наблюдения убедили ученого, что это не комета, а новая, седьмая планета солнечной системы, родная сестра Земли. Гершель назвал ее по имени бога неба древних греков — Ураном.

Открытие Гершеля произвело огромное впечатление на все круги общества, привлекло всеобщее внимание к неизвестному до этого скромному астроному-любителю. Одним из проявлений этого внимания и восхищения и было то, что немецкий химик М. Г. Клапрот в 1789 году назвал именем новой планеты открытый им металл.

Впрочем, Клапрот, как это часто бывало в те времена, получил не чистый уран, а его окисел, «землю». Металлический уран впервые выделил в 1841 году французский химик Э. Пелиго, восстановив его металлическим калием.

Уран оказался не очень интересным по своим механическим и химическим свойствам металлом. Прежде всего он обладает очень большим удельным весом — 19,05 г на куб. см, то есть он почти вдвое тяжелее свинца. Уран сравнительно мягкий металл, легко поддающийся механической обработке. При высоких температурах его можно ковать, волочить, выдавливать. Из него и делают этим способом трубы разного сечения, проволоку, фольгу.

Внешне уран напоминает сталь. Свежеотполированная его поверхность имеет серебристый, чуть голубоватый отблеск. Однако на воздухе она через несколько часов тускнеет. А тонкая пыль урана, распыленная в сухом воздухе, даже самовозгорается. Погруженный в воду, он медленно разлагает ее. Все это говорит о химической активности урана.



Впрочем, никто никогда и не пытался применить уран в качестве конструкционного материала (даже в качестве легирующих добавок к стали не нашел он себе применения). И если бы не другие удивительные его свойства, так и оставался бы он практически бесполезным элементом, занимающим последнее место в периодической системе, скупые образцы крупинок которого можно было бы встретить в немногих коллекциях лучших университетов, да и там его держали бы только для полноты этих коллекций. Лишь некоторые соединения урана использовались бы в фотографии и стекловарении.

Но уран оказался обладателем изумительных специфических свойств. Он непрерывно самопроизвольно выплескивает потоки лучей. При этом ядра атомов урана распадаются, превращаясь в атомы других элементов. И на этот процесс не может повлиять ни то, в состав каких веществ входит уран, ни температура, ни агрегатное состояние, в котором он находится.

В результате радиоактивного распада уран превращается в свинец. Процесс этот происходит, правда, чрезвычайно медленно. Один грамм урана содержит $2,5 \cdot 10^{21}$ атомов. Каждую секунду из этого количества распадается около 12 тысяч атомов. Чтобы распалась половина всех атомов этого грамма урана, надо около 5 миллиардов лет. За следующие 5 миллиардов лет распадается половина оставшейся половины атомов и т. д.

При этом распаде выделяется огромное количество энергии. При распаде ядер одного килограмма урана выделяется такое количество энергии, что его хватит для кругосветного рейса паровоза через оба полюса.

Открывшиеся возможности овладеть этой энергией и сделали уран важнейшим металлом современности.

ЯДРА АТОМА — НОВОЕ ГОРЮЧЕЕ

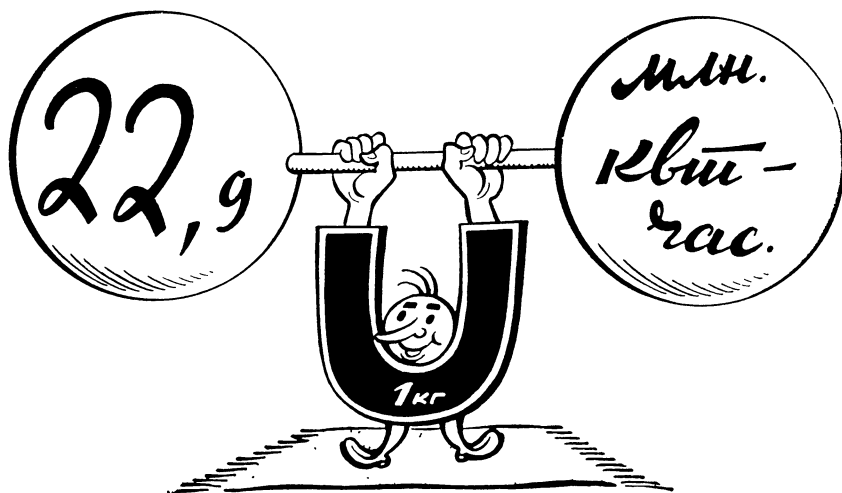
Одна из важнейших характеристик горючего — количество энергии, выделяющейся при его сжигании. В этом отношении атомное горючее не имеет себе равных.

Один килограмм лучшего, самого калорийного топлива, нефти, при полном сжигании выделяет 11,6 киловатт-часа энергии.

Один килограмм урана — 22 900 тысяч киловатт-часов энергии!

Тепловая электростанция мощностью 600 тысяч киловатт сжигает в сутки 5 эшелонов каменного угля. Электростанция такой же мощности, работающая на атомном горючем, потребует в год около тонны урана.

Буквально несоизмеримые величины!



Мал да удал.

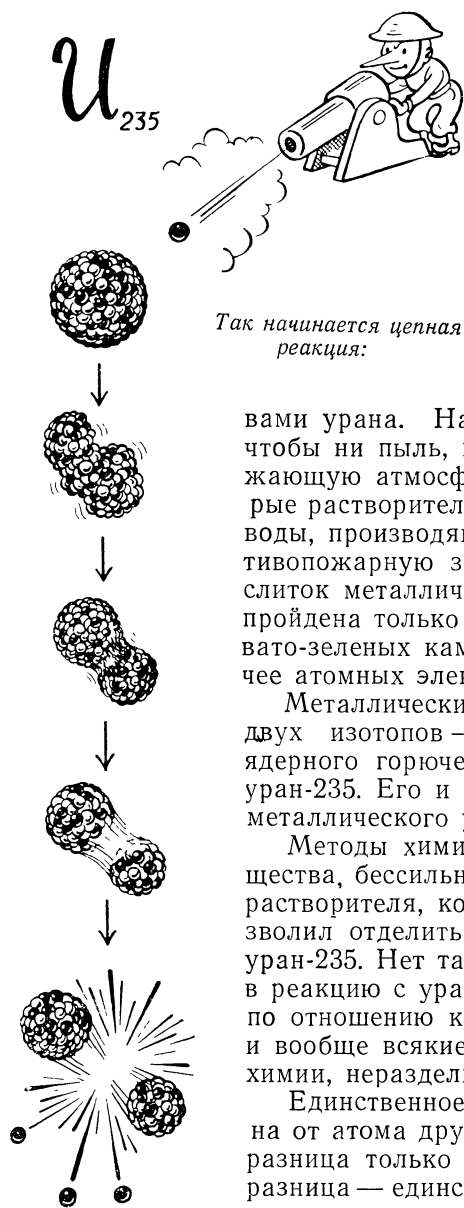
Так почему же не построены до сих пор повсеместно только атомные электростанции? Почему мы до сих пор возимся с добычей угля и нефти, строим громоздкие и дорогие гидроэлектростанции?

Может быть, атомное горючее, в первую очередь уран и торий, чрезвычайно редкие элементы? Ведь всего два десятка лет тому назад лишь в немногих лучших академических лабораториях можно было найти в коллекциях пробирку с сероватыми кусочками урана на дне, лишь немногие физики держали хоть раз в жизни непривычно тяжелые крупинки этого вещества на своей ладони.

Нет, уран не редкий элемент. Земная кора на 0,0005 процента состоит из урана. Примерно столько же в земной коре содержится свинца. А разве свинец можно считать редким металлом? Меньше в земной коре содержится и таких металлов, как висмут, серебро, золото, платина.

В полтора раза больше, чем урана, содержится в земной коре другого металла, способного служить ядерным горючим, — тория — 0,0008 процента.

Однако уран редко содержится в значительных количествах. Он обычно присутствует в рудах других элементов в качестве добавки. Даже при переработке богатых урановых руд из 100 тонн урановой руды выделяют всего 70 кг чистого металла, да и из этого металла лишь незначительная часть (всего около 500 г) составляет изотоп урана, называемый «уран-235», который может быть сразу применен в качестве ядерного горючего.



Так начинается цепная реакция:

Чрезвычайно сложна металлургия урана и тория. Руду урана подвергают измельчению, обогащению, многократным последовательным растворениям в разнообразных химических реактивах и только после этого осуществляют собственно металлургический процесс — восстановление металлического урана или получение его газообразного соединения — шестифтористого урана.

Все эти процессы чрезвычайно осложняются ядовитыми свойствами урана. Надо внимательно следить за тем, чтобы ни пыль, ни пары урана не попадали в окружающую атмосферу. Ядовиты и огнеопасны некоторые растворители урановых соединений, поэтому заводы, производящие уран, имеют сверхмощную противопожарную защиту. И все-таки, когда получен слиток металлического урана, можно считать, что пройдена только половина пути превращения желтовато-зеленых камней добытой в земле руды в горячее атомных электростанций.

Металлический уран состоит главным образом из двух изотопов — урана-238 и урана-235. В качестве ядерного горючего в первую очередь применяется уран-235. Его и надо выделить из общей массы металлического урана.

Методы химии, применяемые для разделения вещества, бессильны помочь в этом случае. Нет такого растворителя, который растворил бы уран-238 и позволил отделить в виде нерастворимого осадка уран-235. Нет такого вещества, которое бы вступило в реакцию с ураном-235 и осталось бы нейтральным по отношению к урану-238. Оба изотопа урана, как и вообще всякие изотопы, являются, с точки зрения химии, неразделимыми близнецами.

Единственное отличие атома одного изотопа урана от атома другого изотопа в их массе, да и то эта разница только чуть-чуть больше процента. Но эта разница — единственное, чем можно воспользоваться для разделения изотопов урана.

Физики знают много способов разделения веществ, отличающихся по весу. Одним из устройств, осуществляющих такое разделение, является всем известный сепаратор. В его приемный бак наливают обычное молоко, а из выводного устройства вытекают отдельно густые желтые сливки и синяя обезжиренная сыворотка. Разделение было осуществлено внутри сепаратора центробежной силой, которая в завихренных струях молока отделила, отжала к периферии более тяжелую сыворотку и подняла над ней легкие частицы жира.

Но и этот и другие способы разделения применимы к газообразным, жидким, сыпучим телам. А металлический уран — твердое тело, и размолоть его в порошок, частицы которого были бы величиной всего в один атом, конечно, невозможно.

Поэтому-то разделение изотопов урана производят, применяя не металлический уран, а его соединение со фтором — шестифтористый уран.

В обычных условиях это также твердое вещество. Однако оно испаряется при сравнительно невысокой температуре, и тогда его можно было бы направлять в центрифугу или систему центрифуг для разделения изотопов.

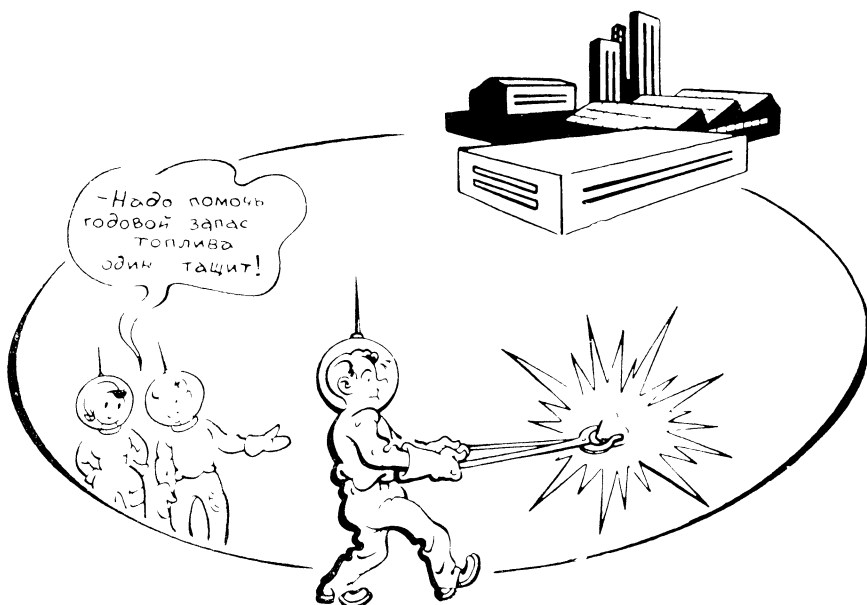
Однако в атомной промышленности обычно применяется другой способ разделения изотопов — метод газовой диффузии. Метод использования центрифуг, как показали расчеты, оказался бы слишком дорогим.

На фотографиях зарубежных газодиффузионных заводов видны огромные, занимающие целые гектары, плотно поставленные рядом друг с другом коробки — это диффузионные камеры. Они отделяются друг от друга мелкопористыми фильтрами, сквозь которые из одной камеры в другую диффундируют молекулы шестифтористого урана. При этом более легкие молекулы, содержащие уран-235, диффундируют несколько быстрее молекул урана-238. На этом и основана вся работа газодиффузионных установок.

Конечно, в связи с тем, что очень невелика разница их весов, невелика и разница в скорости диффузии их через мелкопористую перегородку. Поэтому процесс разделения приходится повторять несколько тысяч раз, прежде чем будет получен шестифтористый уран, в котором почти нет молекул урана-238.

Этот процесс разделения изотопов требует расхода огромных количеств электроэнергии, тепла, воды. Недешево обходится современной технике разделение близнецов — изотопов урана!

Еще сложнее процессы получения других ядерных горючих — плутония и урана-233. Первый получают из урана-238 после специальной обработки его в атомных котлах; второй аналогичным способом получают из тория.



Вот поэтому-то и обходится еще в настоящее время электроэнергия, вырабатываемая атомными электростанциями, дороже не только электроэнергии ГЭС, но и электроэнергии тепловых станций.

Так что же, атомная энергетика бесперспективна? Электроэнергия, выработанная атомной электростанцией, никогда не сможет конкурировать по дешевизне с электроэнергией от гидростанции?

Сможет, обязательно сможет!

Во-первых, будут совершенствоваться и становиться все экономичнее способы производства атомного горючего.

Во-вторых, будет происходить накопление атомного горючего за счет выработки его в атомных реакторах некоторых типов. Дело в том, что нередко «зола», выгребаемая из атомных котлов, содержит в себе даже больше атомного горючего, чем было в них сожжено. Чем больше мы сжигаем в атомных электростанциях горючего, тем больше его имеем. Это парадоксально, но выгодно.

Ученые рассчитали, что при рациональном расходовании атомного горючего на АЭС с применением вновь получающегося горючего на новых электростанциях уже через 30 лет можно было бы удовлетворить потребности в электроэнергии всего человечества.

И поэтому атомная энергетика развивается семимильными шагами. В 1954 году вступила в строй первая в мире атомная электростанция Академии наук СССР мощностью в 5 тысяч киловатт. Осенью 1958 года дала промышленный ток первая очередь крупнейшей в мире советской атомной электростанции, общая мощность которой будет составлять 600 тысяч киловатт. А в декабре 1957 года спущен на воду гигантский ледокол «Ленин». Мощность двигателей этого ледокола, работающего на атомном топливе, составляет 44 тысячи лошадиных сил.

Советский Союз идет впереди других стран по мирному использованию атомной энергии.

ВЕЗДЕСУЩИЙ АТОМ

Имеющихся на Земле запасов урана с избытком достаточно для того, чтобы полностью обеспечить потребность всех стран мира в энергии.

По прогнозам экономистов, в 2000 году на земном шаре будет выработано около 84 тысяч млрд. квт.-ч. Для этого надо или сжечь 15 млрд. тонн угля, или 4000 тонн урана. Надо ли говорить, что уже в настоящее время производство урана далеко перевалило через эту цифру. Ведь если в 1956 году в капиталистических странах было получено примерно 13 тысяч тонн закись-окиси урана, то уже в 1959 году эта цифра выросла в три раза — было выработано 39 тысяч тонн закись-окиси.

Уран находится буквально везде. Еще в 1934 году советский ученый академик В. И. Вернадский писал, что уран «открывается всюду вокруг. Он рассеян не только в породах, но находится во всех минералах». При этом большая часть урана находится в рассеянном состоянии.

Тепло, выделяемое ураном при ядерном распаде, является одним из основных источников разогрева внутренних слоев нашей планеты. Более 42 процентов всего тепла, получаемого Землей в результате ядерного распада, дает уран, почти 45 процентов — торий, около 12 процентов — калий.

И тут выявилась удивительная вещь. Если бы все составляющие Землю породы до самого ее центра содержали то же количество радиоактивных элементов, что и породы, из которых сложена ее кора, количество тепла, выделяющегося при распаде, должно бы быть в 100 раз больше, чем есть в действительности. Земля имела бы совершенно другой климат, вряд ли была бы пригодна для жизни. По всей вероятности, она была бы раскаленным, расплавленным шаром, маленьким подобием Солнца.

Раз этого нет, значит внутренняя поверхность планеты не содержит в себе радиоактивных элементов. Ими, в том числе ураном, богата только земная кора.

Почему это произошло — пока загадка, над поисками ответа которой бьются сегодня ученые. Может быть, радиоактивные элементы были заброшены на Землю позже всех, при прохождении нашей планеты через какое-либо пылевое облако, из которого и составились верхние ее слои?.. Или при взрыве Солнца, происшедшего в незапамятные времена, была облита наша планета содержащим уран и торий веществом?.. Или...

Впрочем, установить, когда именно возникла твердая кора нашей планеты, можно. И помогает в этом именно содержание в ней урана.

Мы говорили уже, что уран непрерывно распадается, а конечным продуктом этого распада является свинец. Если взять горную породу, содержащую уран, определить, сколько его осталось в, так сказать, натуральном виде и сколько превратилось в свинец, можно установить, когда именно началось это превращение в данной горной породе или, что одно и то же, когда она образовалась.

Проведенные исследования позволили установить, что земной коре не менее 3 и не более 5 млрд. лет.

Аналогичным способом определяют возраст земных пород, залежей полезных ископаемых, органических остатков и по распаду других радиоактивных элементов.

МЕЖДУ УРАНОМ И СВИНЦОМ

Когда ученые установили всю цепь распада ядер урана в ядра устойчивого изотопа свинца, выяснилось, что изотопы всех элементов, находящихся в клетках между ураном и свинцом, бывают промежуточными продуктами этого превращения. Исключением оказался неметалл астатин, в природе не существующий. Многочисленные изотопы его были получены позже искусственным путем. Все они оказались нежизнеспособными, распадающимися в течение нескольких минут или даже секунд.

Различны эти металлы, различна их судьба на службе человеку, но большинство из них так или иначе связано с судьбой главного металла будущей энергетики — урана.

Сосед урана в периодической системе, протактиний, существует в природе только благодаря тому, что количество его атомов непрерывно пополняется распадом урана. Самый устойчивый изотоп протактиния имеет период полураспада всего в 34 300 лет. Конечно, если бы не непрерывное пополнение, и следов этого элемента не осталось бы уже на нашей планете.

Открыли протактиний впервые в 1918 году немецкие ученые О. Ган и Л. Мейтнер и одновременно с ними английские ученые Ф. Содди и Д. Крокстон. Как и надо было ожидать, этот металл был получен при

переработке урановых руд. В 1934 году протактиний выделили в чистом виде. Новый металл оказался серебристо-белого цвета, не окисляющимся на воздухе. Вот, пожалуй, все, что сегодня о нем известно.

Следующим от урана к свинцу стоит торий. Нет, это не случайный, коротко живущий элемент, неудачное дитя в периодической системе. Период полураспада его самого устойчивого изотопа 13,9 млрд. лет. С образования земной коры едва прошла одна треть от времени его полураспада.

Торий не так уж мало в земной коре. Во всяком случае он не относится к неуловимо редким металлам. Есть и собственный минерал тория — так называемый монацит. Он добывается из монацитного песка, значительные запасы которого имеются в Индии и Бразилии.

Торий был открыт шведским химиком Я. Берцелиусом в 1829 году. Это мягкий металл, серовато-белый, плавящийся при 1842 градусах и кипящий при 5200 градусах. Удельный вес тория около 11,5 г на куб. см. В холодном виде из него можно прокатывать листы, вытягивать проволоку, штамповать детали.

Торий не обладает высокой химической стойкостью. Уже на воздухе его покрывает тонкая пленка окисла. При прокаливании он горит ослепительным белым светом. Способен поглощать большие количества водорода.

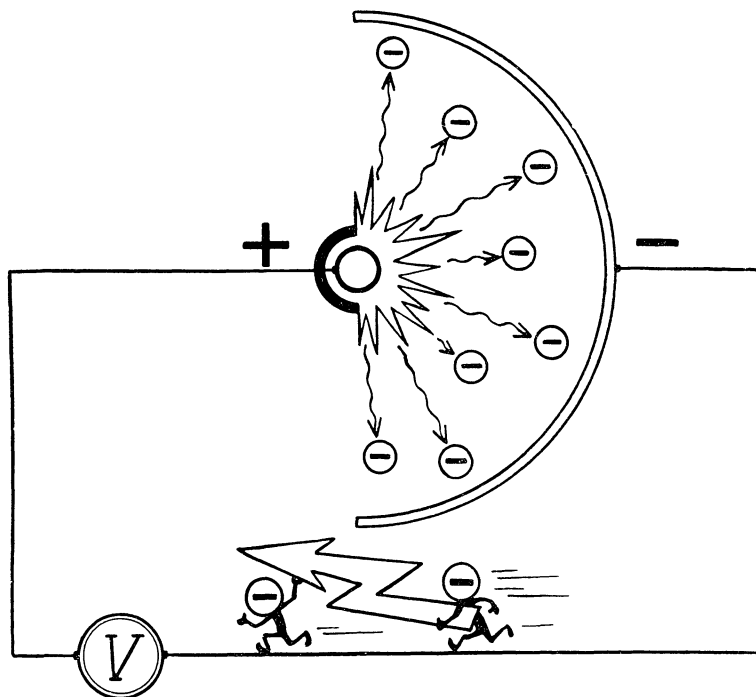
Одним из важнейших применений соединений тория совсем недавно было изготовление газонакалильных сеток газовых фонарей. Дело в том, что пламя газа (можете убедиться в этом, включив плитку на кухне) не светит ярко, как светит, например, даже пламя керосиновой лампы. Газовое пламя — бледное, хилое. Но можно несравнимо усилить его яркость. Для этого на газовую горелку одевают сетку, сделанную из окиси тория. Раскалившись, эта сетка испускает ослепительно яркий свет. На изготовление таких сеток и шла в прошлом вся добыча тория.

Умерло газовое освещение, замененное электрическим. Но окись тория нашла себе другое чрезвычайно важное применение: ее наносят теперь на катодные вольфрамовые нити некоторых радиоламп. Когда нить накаляется, окись тория начинает активно испарять, выбрасывать из себя электроны — те самые электроны, которые и выполняют все работы в вакууме радиолампы.

Из металлического тория изготавливают катоды рентгеновских трубок.

В последнее время торий нашел и другое применение. Его сплавляют с магнием и получают легкий прочный сплав, сохраняющий свои конструкционные свойства до 400 градусов. Один из таких сплавов содер-

жит от 1,5 до 2,5 процента тория и немного марганца. Остальное — магний. Этот сплав применяется в производстве самолетов и управляемых снарядах. Он легче алюминиевых сплавов почти на одну треть.



Первая электростанция на ядерном горючем

Но главное применение тория сегодня — в качестве ядерного горючего электростанций. Обычно он используется здесь в сплаве с радиоактивными изотопами других металлов. По предположениям некоторых ученых, этому металлу предстоит сыграть в атомной энергетике не меньшую роль, чем урану.

Еще на одну клетку влево. Ее занимает актиний. Как и протактиний, он обязан своим существованием распаду ядер урана. Впервые его получил в 1899 году Дебьерн, как и следовало ожидать, в урановой руде. Вот,

пожалуй, и все, что сегодня можно сказать об этом еще одном нежизнеспособном элементе.

...Когда работа уже приближалась к концу и стало ясно, что в ближайшее время новый металл будет получен в чистом виде, Пьер Кюри сказал своей жене и другу по работе:

— Интересно, каким он будет. Мне бы хотелось, чтобы он был красивым...

Открытый подвижническим трудом ученых металл — это был радий — превзошел все их ожидания. Именно он оказался тем металлом, который непрерывно манил ученых и исследователей все дальше и дальше проникнуть в тайны атомного ядра. Непрерывно выплескиваемые им лучи звали, словно сигналы маяка. С него началось проникновение человека к сокровеннейшим тайнам природы.

Сначала он казался чудом... Излучаемая им энергия как-будто возникала из ничего. Из ничего в запаянной наглухо пробирке возникали новые элементы. Трудно было сразу предположить, что это радий превращается в радон и свинец: ведь никто никогда не наблюдал превращения элементов. Был поставлен под сомнение великий закон сохранения энергии, закон сохранения вещества. Казалось, были поколеблены основные законы физики.

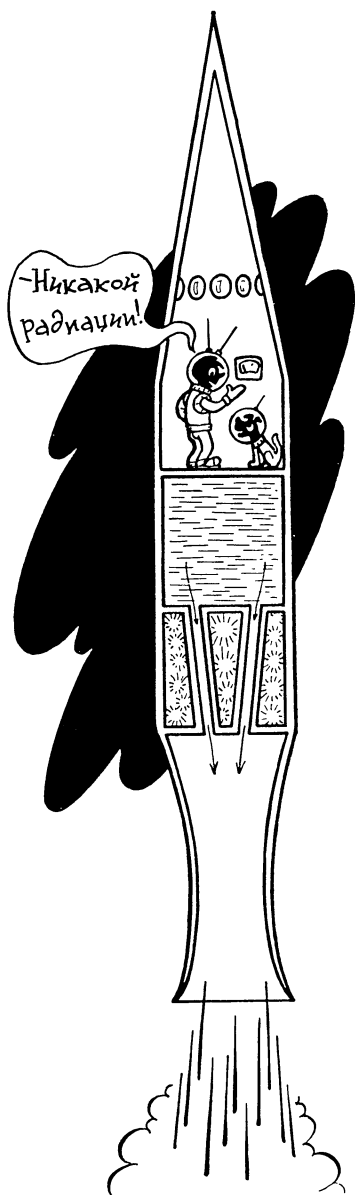
Но скоро ученые разобрались в происходящем. Гениальный Эйнштейн установил связи между массой вещества и энергией. Настало время найти новому металлу практическое применение.

Между тем в 1910 году М. Кюри-Склодовская и А. Дебьерн получили электролизом чистый радий. «Лучистый» — точный перевод этого имени. Им оказался серебристо-белый металл, сравнительно легкий (его удельный вес всего около 6 г на куб. см), с температурой плавления 960 градусов и кипения — 1140 градусов. Высокой оказалась химическая активность радия. На воздухе он покрывается черной пленкой окисла, энергично соединяется даже с углеродом и азотом. Энергично разлагает воду. Только в вакууме, изолировав от всех соблазнов вступить в реакцию, можно сохранять этот металл в чистом виде.

Соединения радия обладают способностью светиться в темноте — за счет собственного излучения. И это его свойство было первым, нашедшим практическое применение.

Давно было известно, что порошок кристаллического сернистого цинка, особым образом приготовленного, смешанного с незначительными количествами других элементов, придающих ему окраску, светится некоторое время, будучи перенесен в темноту. Однако сила этого свечения быстро ослабевает. Надо снова «зарядить» состав, облучив его ярким светом. А это далеко не всегда возможно.

Но краска эта будет светиться практически вечно, если в нее доба-



Самый простой из проектов атомной ракеты.

вить ничтожные количества радия. Всего несколько миллиграммов на килограмм краски. И тогда не погаснет стрелка компаса у судна, зимующего во льдах Арктики в период многонедельной ночи, не потускнеют указатели приборов самолета, летящего в ночном слепом полете. Можно приготовить светящуюся бумагу, на которой в темноте лаборатории ученый сможет записать свои наблюдения за ходом опыта.

Следующей областью применения радия стала медицина. Оказалось, что лучи радия обладают могучим целительным действием против целого ряда болезней, в том числе страшного, неумолимого рака, волчанки. Надо только тщательно дозировать облучение, иначе оно может стать из исцеляющего смертоносным.

И, конечно, жадно хотели обладать радием ученые. Обладать для того, чтобы с его помощью еще глубже проникать в тайны природы...

Сегодня во всех этих случаях уже обходятся без радия. Радиоактивный кобальт, несравненно более дешевый, пришел в лечебницы. Новые светящиеся составы стараются делать без радия, излучение которого даже в самых незначительных дозах все же крайне опасно для здоровья людей. Ученые располагают сейчас в своих лабораториях несравненно более мощными средствами проникновения в заповедные дебри вещества, чем может обеспечить радий. Так радий стал первым «безработным» металлом.

Франций, сосед радия, — металл, занимающий нижний левый угол в периодической системе элементов.

Металлические свойства нарастают в периодической системе элементов справа

налево и сверху вниз. Верхний правый угол таблицы занимают самые активные неметаллы. Франций по своему положению является самым «металлическим» металлом. Однако и до сегодня этот металл — одна сплошная загадка.

Существование франция предсказал еще Менделеев. Он описал его основные свойства и назвал экацезием. Однако впервые обнаружить франций удалось только в 1939 году М. Пере. Исследовательница натолкнулась на него, изучая продукты радиоактивного распада актиния. Она назвала новый металл именем своей родины.

Франций оказался крайне коротко живущим элементом. Самый устойчивый из его изотопов обладает периодом полураспада в 21 минуту. А есть и такие, которые живут сотые и тысячные доли секунды. Практически почти невозможно изучить физические свойства нового, исчезающего из рук металла, — едва только несколько атомов его успевают выделить ученые. Поэтому об этих свойствах почти ничего не известно сегодня.

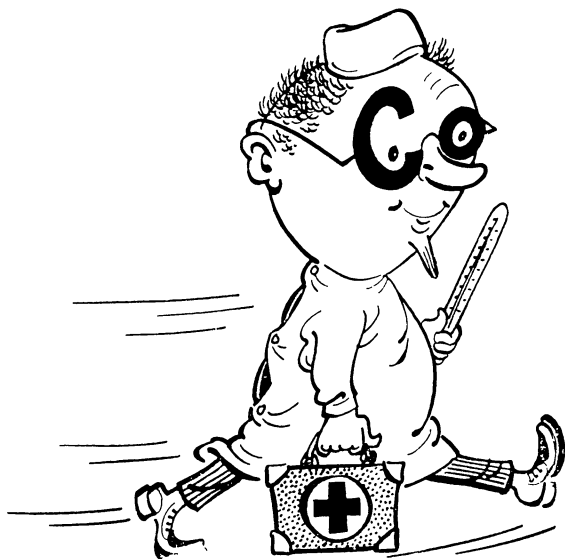
Не много известно и о химических его свойствах, кроме тех, которые можно предсказать, анализируя его положение в периодической системе элементов. Бесспорно, это очень активный металл. И бесспорно, сохранять его можно так же, как и радий, только в вакууме.

Противоположный, верхний правый, угол периодической системы элементов занимает фтор — самый активный неметалл, обладающий многими чудесными свойствами, которые человек сумел применить для многих важных дел. Может быть, не будь он таким неустойчивым, нежизнеспособным, был бы очень полезен человеку и самый активный металл — франций.

Следующим в ряду элементов, соединяющих уран и свинец, стоит радон, благородный газ, также крайне неустойчивый и недолго живущий. Он ядовит и опасен. Продукты распада радона оседают на все предметы, оказавшиеся в его атмосфере, и вызывают на их поверхности радиоактивность. За радоном следует астатин, о котором мы уже говорили, а еще дальше — полоний.

В честь родины Марии Кюри-Склодовской назвали этот элемент супруги Кюри, впервые получившие его даже несколько раньше радия из урановой руды. И этот элемент не обладает правом на долгое и устойчивое существование. Самый долгоживущий из почти двух десятков изотопов полония имеет период полураспада около 200 лет. Однако это уже позволило узнать и хотя бы в первом приближении изучить его свойства.

И этот элемент был предсказан Д. И. Менделеевым. Но Менделеев не предполагал, что полоний будет иметь две кристаллические модифи-



Кобальт пришел в медицину.

кации, что при температуре выше 75 градусов он будет иметь одну кристаллическую решетку, а при более низкой — другую. И, конечно, он даже не мог предполагать, что и при комнатной температуре полоний будет сохранять высокотемпературную кристаллическую решетку за счет тепла, выделяющегося при его радиоактивном распаде: ведь великий русский ученый еще ничего не знал о радиоактивности.

Удельный вес полония — около 9,3 г на куб. см. На воздухе этот металл быстро окисляется. Излучаемые им лучи разбивают молекулы кисло-

рода, вызывают образование озона, и этот озон окисляет металл. Время практического применения полония, кроме научно-исследовательских лабораторий, видимо, еще не настало.

Висмут соседствует с одной стороны с полонием, с другой стороны — со свинцом.

Висмут имеет нераспадающийся изотоп. Он довольно широко распространен в земной коре. Однако богатых висмутом руд на земном шаре не так уж много. Основной источник висмута в нашей стране — отходы свинцово-цинковых заводов, отходы обогащения вольфрамowych руд и концентраты медно-висмутовых месторождений.

Висмут был известен давно, еще в XVI веке. Однако его тогда считали просто разновидностью свинца или олова. Только в середине XVIII века был он наконец признан самостоятельным металлом.

Свойства висмута не выделяют его из среднего круга не очень удавшихся природе металлов. Этот хрупкий металл имеет серебристо-красный цвет, удельный вес его — около 9,8 г на куб. см. Температура плавления висмута — 271 градус, кипения — 1560 градусов. Химическая активность средняя.

Висмут не годится даже на роли легирующего элемента: его присутствие делает многие металлы хрупкими, нековкими, поэтому металлурги не только не стремятся ввести висмут в стали или бронзы, но, наоборот, стремятся удалить его, чтобы и следов не осталось, если уж на несчастье в руде окажется примесь висмута.

И все же висмут обладает такими редкими индивидуальными чертами характера, которые обеспечивают ему очень важные применения в технике.

Первое из них — изготовление легкоплавких сплавов. Обычно в их состав, кроме висмута, входят свинец, олово, кадмий, индий. Один из сплавов, состоящий из этих элементов, плавится при температуре всего в 47 градусов. Уже на дне стакана горячего чая можно расплавить этот сплав.

Такие сплавы применяются в автоматических системах огнетушения. Части труб, краны водопроводной системы в помещениях, где требуется автоматическое огнетушение, делаются из легкоплавкого сплава. В случае повышения температуры в этом помещении сплав плавится, струи воды вырываются навстречу пламени — они заливают помещение, ликвидируя пожар.

Такие сплавы применяются и в качестве аварийных клапанов паросиловых установок. Вырастает температура пара, газа или перегретой жидкости выше допустимого предела — и плавится сделанная из легкоплавкого кадмиевого сплава пробка или стенка. Авария всего устройства предотвращена.

Другой сплав, содержащий одну часть висмута и четыре части ртути, обладает удивительной способностью прилипать к самым различным вещам. Отлично прилипа-



Первый пенсионер среди металлов.

ет он и к стеклу, поэтому его применяют в качестве серебрителя стеклянных поверхностей.

Применяют сплавы висмута и в качестве припаяв, в частности если надо спаять стекло и металл. Делают из сплавов висмута и художественные отливки, он входит в состав типографских шрифтов.

Вот сколько применений находит немудрящий висмут.

Впрочем, мы не рассказали об еще одном. Висмут обладает уникальной способностью чрезвычайно сильно изменять свое электрическое сопротивление под влиянием температуры и изменения напряженности окружающего магнитного поля. Этим его свойством пользуются для измерения напряженности магнитного поля. Прибор для этой цели называется висмутовой спиралью.

Находят себе применение — главным образом в медицине, косметике и стеклоделии — многие соединения висмута.

И, наконец, свинец — последний этап всех трех линий ядерных превращений: и той, в начале которой лежит уран-238, и той, родоначальником которой является уран-235, и той, истоком которой служит торий. Причем каждая из этих линий завершается собственным изотопом свинца, так что можно определить, в результате какого процесса возникла та или иная его крупинка.

Свинец — тяжелый, мягкий, непрочный металл, поверхность которого можно поцарапать прямо ногтем, — видели все. Всем известно, что он легкоплавок — его можно расплавить на огне костра, для этого нужна температура всего в 327 градусов. При 1700 градусах свинец кипит. Удельный вес свинца — 11,3 г на куб. см.

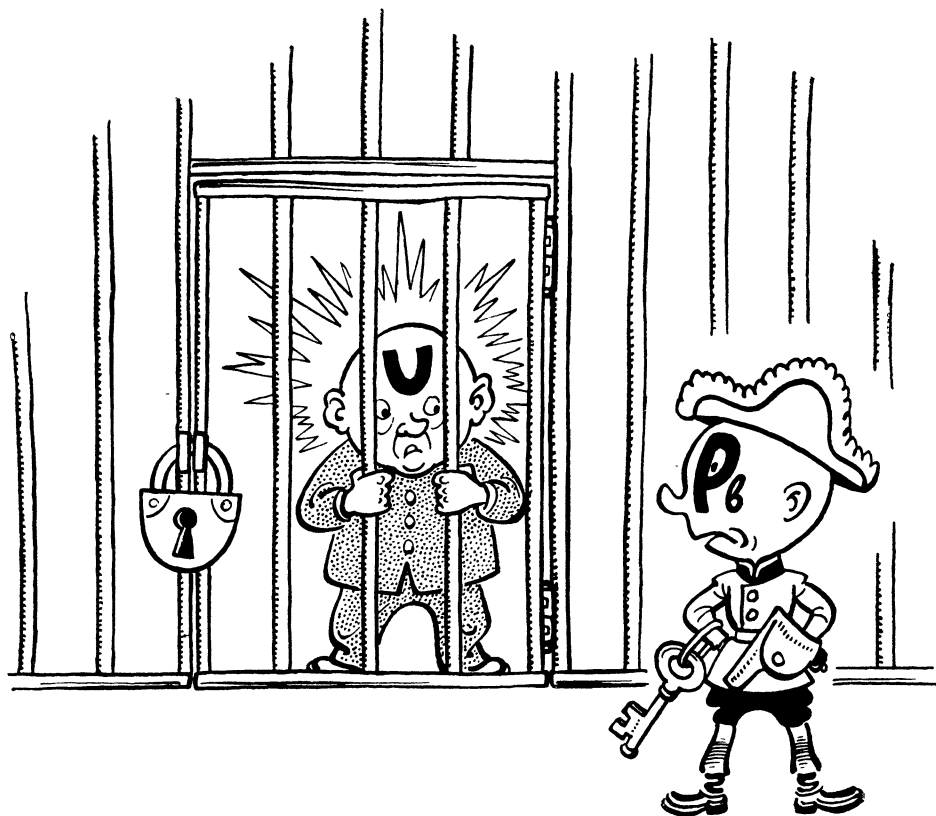
Свинец служит человеку со времен глубочайшей древности. К третьему тысячелетию до нашей эры относится начало выплавки этого металла. Из него изготавливали трубы водопроводов, кровельные листы, сосуды, метательные снаряды. После изобретения огнестрельного оружия свинец стал классическим материалом для литья пуль, дроби. А развитие химической промышленности принесло ему новую кучу обязанностей. Способностью свинца сопротивляться разъедающему действию ряда кислот воспользовались для защиты металлов. Многие детали химической аппаратуры заводов, производящих серную кислоту, сделаны либо из свинца, либо покрыты свинцом.

Много свинца идет в настоящее время на производство аккумуляторов, кабелей — связи и силовых, закапываемых в землю. И здесь оказываются особенно полезными свойства свинца: пластичность, которая позволяет легко изгибать кабель, устойчивость против коррозии. Немало этого металла идет и на производство различных свинцовых сплавов.

Свинец оказался одним из самых «непрозрачных» для различных видов радиоактивного излучения металлов. Поэтому из него делают эк-

ТОПЛИВО ЭТОГО ГИГАНТА — МЕТАЛЛ УРАН. МИРНЫЙ АТОМ СЛУЖИТ ЛЮДЯМ





Свинец — надежный страж.

раны, защищающие людей. В свинцовой груше скрывается крупинка радиоактивного кобальта, используемого для лечения рака. Свинцовые передники надевают люди, много работающие с рентгеновскими лучами.

Используется свинец в военном деле и сегодня. Свинцовой остается пуля, свинцовой остается и картечь.

Важные и нужные работы выполняет свинец, и поэтому все растет его производство. В капиталистических странах в 1952 году добыча свинца составила 1600 тысяч тонн, в 1958 году — 1930 тысяч тонн. И нет пока, несмотря на некоторые колебания, тенденций к сокращению производства этого металла-работяги.

СБЫЛАСЬ МЕЧТА АЛХИМИКОВ

Один известный американский ученый как-то заметил, что, вероятно, самым изученным элементом на земле сейчас является плутоний, первые атомы которого были созданы в лаборатории в 1940 году и о самой возможности существования которого до этого ничего не было известно.

Да, вероятно, многие из читателей этой книги, изучавшие химию в довоенные годы, помнят периодическую систему элементов, обрывающуюся ураном. И, наверное, не мало кому мечталось найти ее продолжение.

Об этом мечтали не только школьники, но и убежденные седидами ученые. Не зря в научной печати на протяжении ряда десятилетий то тут, то там появлялись сообщения об открытии девяносто третьего элемента. Надо ли добавлять, что все эти находки тут же опровергались нередко самими «открывателями», впадшими в ошибку честными учеными.

Трансурановых элементов так и не нашли. Только следы первых двух — нептуния и плутония — удалось открыть в урановых рудах. Возможно в принципе существование где-то в рудах редкоземельных элементов кюрия — четвертого зауранового элемента. Его период полураспада достаточно велик, чтобы можно было не считать навсегда потерянной возможность обнаружить его редкие атомы современными методами сверхточного анализа. Но вряд ли это понадобится. Ведь и нептуний и плутоний искали тогда, когда еще не умели изготавливать эти элементы. А теперь плутоний изготавливают на специальных заводах килограммами. Изготавливают точно так же, как изготавливают на молокозаводах сыр, на химических — пластмассу, на текстильных — ткани. Ученые нашли способы осуществить мечту древних алхимиков о превращении элементов. Но на соответствующих заводах люди в белых, как у хирургов, халатах изготавливают не бесполезное и дешевое золото, а необычайно важный и несравненно более драгоценный металл плутоний.

В 1934 году известный итальянский физик Энрико Ферми подверг бомбардировке нейтронами уран. Проведя затем его тщательный анализ, он обнаружил новый элемент, по своим свойствам не похожий ни на один из известных. Ферми тогда же высказал предположение, что получен заурановый элемент. Однако уточнить положение этого элемента в периодической системе не удалось.

В 1939 году в продуктах деления взорвавшихся ядер урана обнаружили изотоп с продолжительностью жизни всего 2,3 дня. Дополнительные исследования этого изотопа позволили установить, что он принадлежит следующему за ураном элементу. Этот металл назвали нептунием — в соответствии с названием планеты, следующей за Ураном.

В 1940 году группа химиков Калифорнийского университета обна-

ружила следующий трансурановый элемент. По той же традиции он был назван плутонием.

В 1944 году были приготовлены искусственным путем еще два следующих за плутонием элемента. Поскольку возможности найти астрономические имена среди крупных планет солнечной системы были исчерпаны, ученые назвали их америцием и кюрием — в честь материка, на котором они были открыты, и ученых Пьера и Марии Кюри, открывших радиоактивные элементы.

Эти четыре элемента получены к настоящему времени в значительных количествах, выделены в виде чистых соединений. Особенно много получено плутония, который оказался ценным ядерным топливом и получение которого является наиболее легким.

Все последующие заурановые элементы были получены в очень небольших количествах, иногда измеряемых считанными атомами.

В 1949 году в Калифорнийском университете был создан пятый трансурановый элемент — берклий, а в 1950 году — шестой, калифорний. И тот и другой получили названия по территориальному признаку — городу и штату, в котором работали изготовившие его ученые.

В конце 1952 года во время испытания термоядерного оружия воздействию мгновенного, но чрезвычайно мощного потока нейтронов был подвергнут уран. В полученных продуктах ученые нашли два новых элемента — седьмой и восьмой. Их назвали эйнштейнием и фермием — в честь двух выдающихся ученых. Позже эти элементы были получены и другими путями.

В мае 1955 года американские физики А. Джиорсо, Б. Харвей, Г. Чоппин, С. Томпсон и Г. Сиборг изготовили еще один элемент. Это был уже сто первый элемент периодической системы элементов, совсем недавно обрывавшейся девяносто вторым знаком. Ученые назвали этот элемент менделевием — «в признание ведущей роли великого русского химика Дмитрия Менделеева, который первым использовал периодическую систему элементов для предсказания химических свойств еще не открытых элементов», — писали они.

И, наконец, в июле 1957 года было сообщено о создании сто второго элемента периодической таблицы. На этот раз весть о новом металле пришла из Стокгольма. Изготовили новый элемент ученые объединенной группы исследователей, в числе которых были американцы, англичане и шведы. Они назвали его нобелием — в честь Нобелевского института, в котором работали ученые.

Нелегко получить и обнаружить атомы элемента, который распадается за несколько минут. И все же физики, пятьдесят раз повторив опыт, обнаружили 17 атомов нового вещества. Советские ученые, поставив контрольные эксперименты, за месяц непрерывного облучения обнаружили 18 подобных ядер. Еще нет полной уверенности в их тождест-

венности, но, по всей вероятности, этими 35 атомами и исчерпывается все количество nobelium на Земле за последние несколько миллиардов лет ее развития.

Изучение свойств трансурановых элементов привело к неожиданному выводу: все они похожи целым рядом черт друг на друга, а не на те элементы, которые стоят над ними, если разместить их просто по свободным клеткам. И ученые высказали предположение, что все они — обитатели одной клетки периодической системы. Кстати, аналогичное явление уже известно: в пятьдесят седьмой клетке, которую занимает элемент лантан, живут еще целых четырнадцать элементов. Их называют редкоземельными или лантаноидами. Вот такое же семейство элементов представляют собой и все искусственно полученные трансурановые элементы да, кроме них, еще сам уран и предшествующие ему протактиний и торий. А клетка, в которой прописаны все эти элементы, принадлежит по закону актиноид. Таким образом, и знаменитый старый уран, и не менее знаменитый юный плутоний становятся просто рядовыми членами большого семейства актиноидов. Из всех возможных членов этого семейства, а их должно быть, как и лантаноидов, пятнадцать, пока не обнаружен только один, последний. Сообщения об открытии этого 103-го элемента периодической системы, полученные летом 1961 года, еще не достоверны.

Все трансурановые элементы — типичные металлы. Самый тяжелый из них нептуний. Его удельный вес — свыше 19 г на куб. см. Он плавится при температуре около 640 градусов. Самый долгоживущий изотоп нептуния имеет период полураспада 2200 тысячи лет.

В настоящее время нептуний получают в количествах нескольких граммов в год. Это больше, чем добыча радия всего двадцать пять лет назад.

Половина ядер самого долгоживущего изотопа плутония распадается за 76 млн. лет. Это тоже металл с голубоватым блеском, быстро окисляющийся на воздухе. Он плавится при той же температуре, что и нептуний, но имеет целый ряд абсолютно уникальных качеств.

Прежде всего, он — единственный из металлов, имеющий шесть различных модификаций при атмосферном давлении и интервале температур от комнатной до температуры плавления. Это значит, что при нагревании или охлаждении у него шесть раз изменяется структура кристаллической решетки.

При перекристаллизации плутоний меняет свой объем и плотность. Поэтому удельный вес у него не постоянный, а зависит от того, при какой

температуре его определили. Он изменяется в пределах примерно от 16 до 20 г на куб. см.

Плутоний при комнатной температуре имеет самое большое среди всех металлов электрическое сопротивление.

Все металлы при нагревании расширяются. Плутоний при нагревании сжимается.

Если бы плутоний не был сильно радиоактивным элементом, столь любопытные физические свойства его, вероятно, нашли бы разнообразнейшие применения.

Получение плутония в промышленных количествах считается несложным делом. Для этой цели используют крупные промышленные ядерные реакторы. На каждый килограмм использованного в них урана-235 образуется 800 граммов плутония. Плутоний производится в настоящее время килограммами и десятками килограммов.

Наиболее долгоживущий изотоп америция имеет период полураспада 8800 лет, кюрия — 470 тысяч лет, берклия — 7 тысяч лет, калифорния — 400 лет и эйнштейния — 2 года. Фермий живет всего несколько дней, менделевий — около получаса, нобелий — несколько минут.

Трансурановые элементы — не единственные в периодической системе, полученные искусственным путем. Кроме франция, о котором мы уже говорили, в лабораториях физиков были изготовлены и другие недостающие элементы периодической системы. Они заполнили оставшиеся в течение долгих лет пустыми сорок третью, шестьдесят первую и восемьдесят пятую клетки. Это технеций, прометий и астатин.

Технеций (его существование и основные химические свойства предсказал еще Менделеев) был получен в 1937 году итальянскими учеными Э. Сегре и К. Перрье. Они и дали ему название, в котором было запечатлено его искусственное происхождение. В настоящее время этот металл получают в довольно значительных количествах. В «ядерных осколках», образующихся из 1 кг плутония, содержится около 10 г долгоживущих изотопов технеция.

Из свойств технеция наиболее интересным является то, что он становится сверхпроводимым при самой высокой температуре из всех других элементов. Уже при охлаждении до 11,2 градуса абсолютной шкалы возникает у технеция это свойство.

Прометий и астатин были получены позже технеция.

Можно ли что-нибудь сказать о перспективах широкого применения трансурановых и искусственно изготовленных элементов периодической системы?

Можно ли предсказать будущую профессию новорожденного? Так же нелегко предсказать судьбы новорожденных элементов. Но не исключено, что они будут применяться так же широко, как сегодня, положим, ванадий или сурьма.

В настоящее время в периодической системе элементов уже нет пустых, незаполненных клеток. И нет, значит, в природе элементов, еще не открытых человеком, кроме...

Да, кроме тех, которые лежат с обоих концов периодической системы. Там, за водородом, который мы считаем началом этой таблицы, член-корреспондент Академии наук СССР С. З. Рогинский поставил нулевой элемент — нейтрон. Может быть, еще дальше, за нулем — продолжение периодической системы в область антивещества, вещества наизворот?

А с другой стороны, за нобелием, если перешагнуть область неустойчивых ядер, распадающихся за секунды, может быть, снова начнутся ядра устойчивые, нераспадающиеся?

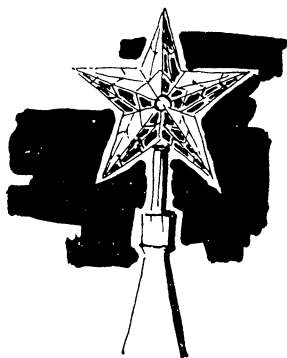
Недолго существовать этим вопросам. Стремительное развитие сегодняшней физики скоро найдет исчерпывающие ответы.

Но это не значит, что не встанут новые вопросы.





ВЕЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ



Когда мы победим в мировом масштабе, мы, думается мне, сделаем из золота общественные отхожие места на улицах нескольких самых больших городов мира...— писал Владимир Ильич Ленин в 1921 году. — Пока же: беречь надо в РСФСР золото, продавать его подороже, покупать на него товары подешевле».

В течение многих веков и тысячелетий золото было драгоценным металлом. Из него делали ювелиры украшения и чеканили монеты. На золото переводилась стоимость всего созданного человеческим трудом. Золото было всеобщим эквивалентом, в котором все овары выражали свою стоимость. Так было еще в Древнем Китае, Индии, Египте, Греции. Так было в Европе и Америке в эпоху капитализма.

Но так не будет в коммунистическом обществе. Настанет время — «наступит изобилие материальных и культурных благ и труд превратит-

44 Ru Рутений 102,91	45 Rh Родий 106,91	46 Pd Палладий 106,7	47 Ag Серебро 107,88	
76 Os Осмий 190,2	77 Ir Иридий 193,1	78 Pt Платина 195,93	79 Au Золото 197,2	80 Hg Ртуть 200,61

ся для всех членов общества в первую жизненную потребность», — записано в Программе КПСС. Отпадет необходимость в наличии переводной универсальной единицы затраченного труда. На что же тогда будет использоваться золото?

Увы, этот металл за многие века отвык трудиться сам, поэтому ограниченны и сегодня его применения. Мастера золотых покрытий, ювелиры, зубные техники — вот, пожалуй, и весь список людей, заставляющих золото работать. Но найдутся еще разнообразнейшие применения и золоту.

Золотые статуи и обелиски поставят, возможно, на площадях коммунистических городов. Золото не ржавеет. Это великое достоинство. Чтобы передать вечности то, что вечности достойно, может быть, будет использоваться этот вечный металл.

К группе благородных относят и несколько других неокисляющихся металлов, соседей золота в периодической системе элементов,— серебро, платину и металлы платиновой группы — палладий, иридий, родий, рутений и осмий.

Целый ряд важнейших применений имеют эти металлы: и серебро, издавна бывшее наряду с золотом всеобщим эквивалентом, в древности ценившееся дороже золота; и платина, сегодня более дорогая, чем золото; и редкие металлы платиновой группы, хотя их несравненно меньше, чем золота, хотя они совсем недавно по сравнению с золотом стали служить человеку.

КРОВЬ И ПОТ

Скупой рыцарь из одноименной маленькой трагедии А. С. Пушкина, стоя над раскрытыми сундуками с собранным им золотом, восклицает:

Да! Если бы все слезы, кровь и пот,
Пролитые за все, что здесь хранится,
Из недр земных все выступили вдруг,
То был бы вновь потоп.— Я захлебнулся б
В моих подвалах верных...

Сверкающий вечный металл на протяжении тысячелетий, переходя из рук в руки, влек за собой преступления и войны, нищету большинства и бессмысленную роскошь немногих. Уже в древних сказаниях и легендах золото — тот узел, вокруг которого бушуют самые черные страсти.

В египетских папирусах, написанных тысячелетия тому назад, рассказывается о борьбе и походах за золотом.

Гибель прекрасных и своеобразных культур ацтеков и майя, уничтоженных европейскими завоевателями, в значительной степени произошла потому, что новый материк Америка на несчастье оказался богат золотом. Целые народы были стерты с лица земли, чтобы испанские, португальские и английские разбойники могли привести в свои страны суда, нагруженные желтым металлом.

История открытия каждого нового золотоносного района — это история массовой психической болезни, «золотой лихорадки», история бесчисленных трагедий, бессмысленных смертей, отвратительнейших преступлений. Так было, когда золото открыли в песках Бразилии. То же повторилось, когда толпы золотоискателей ринулись в раскаленную Калифорнию. Вакханалию «золотой горячки» в ледяном Клондайке изумительно описал в своих рассказах Джек Лондон.

Сколько войн в человеческой истории непосредственно было вызвано золотом! И не только войны Англии с Испанией за право грабить



вновь открытую Америку или войны Англии с Трансваалем за драгоценные золотые и алмазные прииски. Нет, в конечном итоге все феодальные и капиталистические войны велись из-за золота, какими бы причинами — религиозными ли, национальными ли — это ни прикрывалось.

Более 50 тысяч тонн этого металла добыто на земном шаре. Большая половина его и сейчас, видимо, находится в сейфах и хранилищах банков разных стран мира.

А ведь золото может быть и прекрасным, стоит ему попасть в хорошие руки. Сколько вдохновенных шедевров создали из золота искусные руки ювелиров! И как часто эти шедевры превращались в лом только потому, что это было золото!

Золото начали добывать одновременно с медью, а может быть, и раньше меди. «Золото было в сущности первым металлом, который открыл человек», — заметил Карл Маркс. Ведь самородное золото не надо было ни выплавлять, ни очищать хитроумными способами. И поэтому уже в позднем неолите встречается обработанное человеком золото. Платон упоминает золото среди тех металлов, которыми была богата Атлантида.

Однако золота было не так уж много в странах древнего обитания человечества — Европе, Северной Африке, Южной Азии. И количество

этого металла, находящегося в руках людей, поэтому долгое время оставалось стабильным. Открытие Америки и ее стремительное ограбление впервые резко нарушили установившееся равновесие: золото подешевело.

Рост добычи золота начался с конца XVII века, когда началась интенсивная разработка бразильских месторождений. В течение XVIII века в среднем в год добывалось около 19 тонн желтого металла. Начало XIX века заняла война американских колоний с Испанией, и добыча золота резко сократилась. Так, за период с 1801 по 1820 год его в среднем добывалось всего около 14,6 тонны. В середине этого века добыча золота резко выросла. Уже в 1851—1860 годах ежегодно добывали в среднем 201,3 тонны золота. К началу XX века эта цифра поднялась до 485,4 тонны.

В результате первой мировой войны добыча золота начала падать. Однако уже в 1938 году она достигла в капиталистических странах 1163 тонн, а в 1940 году — 1268 тонн.

Вторая мировая война снова вызвала снижение добычи золота. В 1945 году было добыто всего 812 тонн этого металла. Однако уже в 1950 году восемь главных поставщиков золота капиталистической половины мира довели его добычу до 1011 тонн. В 1960 году в капиталистических странах было добыто 1067 тонн золота.

Основная часть этого золота была добыта в Трансваале. Трехкилометровой глубины шахты пробиты там в недра Земли к жилам, содержащим драгоценный металл. Температура воздуха в забоях не спускается ниже 35—40 градусов. Мучительным трудом рабочих, в подавляющем большинстве кафров добывается здесь желтый металл, приносящий невиданные богатства владельцам копий.

Богаты золотом недра нашей Родины. Умелые золотых дел мастера издавна жили в русских городах.

Есть невдалеке от индустриального Свердловска, за студенческим городком, озеро с древним названием Шарташ. На берегу его и ныне стоят крестьянские избы деревни — однофамилицы озера. В 1745 году житель этой деревни Ерофей Марков открыл первое на Урале коренное месторождение золота — Березовское. Это и положило начало в нашей стране золотодобывающей промышленности.

Но это было только самым началом открытия золотой кладовой Сибири. С 1820 годов начала быстро расти добыча золота в нашей стране. Этому способствовали открытия золотых россыпей в бассейне Енисея и в Забайкалье. А в 1846 году были открыты знаменитые Ленские россыпи.

Но и это еще было не все. В середине 50-х годов прошлого века дали

золото россыпи в бассейне Амура, в 1871 году — россыпи Приморского края. Невиданно вырос удельный вес русского золота в мировой добыче.

До 1923 года включительно в нашей стране было добыто 2879 тонн золота. Наибольшее количество—63,7 тонны — дал 1910 год.

Тяжело было работать на приисках царской России. Нелегко был и труд наемных рабочих и «вольных» старателей. Официально рабочий день был установлен в 11,5 часа, однако в летнее время он нередко продолжался и 16 часов. Отсюда частые забастовки. Наиболее известная из них — на Ленских приисках 4 апреля 1912 года. Она вошла в историю революционного движения нашей страны.

Советское правительство сразу же после Великой Октябрьской революции обратило особое внимание на развитие золотой промышленности. Новая техника, новые порядки пришли на золотые прииски. И уже в 1933 году добыча золота в нашей стране значительно превысила продукцию царской России.

Из полукустарного промысла золотая промышленность стала одной из самых современных, самых технически оснащенных.

САМОРОДНОЕ И РУДНОЕ

В природе золото встречается чаще всего в виде зерен, песчинок, однако нередко оно образует самородки довольно значительной величины. Самый большой самородок в нашей стране был найден на Южном Урале. Этот кусок золота весом в 35 кг и сегодня хранится в одном из музеев. А самый большой в мире самородок золота не каждому приподнять в одиночку: он весит 111,6 кг. Нашли его в Австралии.

Обычно самородное золото не бывает чистым, оно содержит примеси серебра от 5 до 30 процентов, меди—до 20 процентов. Оно бывает вкраплено в кварц — в коренных месторождениях. При разрушении кварцевых жил золото освобождается от материнской породы и уносится водой. Благодаря своему большому удельному весу оно отлагается в руслах рек, образуя те самые россыпи, из которых большую часть этого металла и берет человек.

Всем, наверное, известны по описаниям Джека Лондона и Мамына-Сибиряка способы добычи золота из песков промывкой. Элементарная установка для этой цели состоит из наклонного желоба, покрытого перфорированными железными листами или пеньковыми ковриками. Разрыхленная золотосодержащая порода промывается на этом желобе струей воды. Тяжелые частицы металла падают в углубления в железе или на пеньковом коврике, а легкая пустая порода уносится водой.

Если в месторождении есть самородная медь, она останется вместе с золотом. Не в силах вымыть вода и черный тяжелый порошок магнитного железняка — довольно частого спутника золота. От этого порошка золотой песок освобождают просто магнитом.

Этот же принцип извлечения золота из россыпей применяется и в гигантских драгах — своеобразных землеройных снарядах, способных поднимать и подвергать переработке породы с глубины в добрые 25 метров. Железные челюсти драги поднимают полные ковши золотосодержащей породы, она измельчается, промывается и выбрасывается из грохочущего нутра судна, освобожденная от крупинок желтого металла.

Идет такая драга по реке и перемывает все ее дно от берега до берега. Невелика команда судна, но велики результаты ее работы. Даже породу, содержащую десятки доли грамма на тонну, выгодно перерабатывать этим способом.

Руды золота после их измельчения и иногда обогащения обрабатывают ртутью. Ртуть приливают прямо в размельчаемую горную породу, и она образует с золотом амальгаму, легко отделяемую от пустой, не смачиваемой ртутью породы. При нагревании амальгамы ртуть испаряется и возвращается обратно для извлечения дальнейших порций золота. Получившееся губчатое «черновое» золото подвергают переплавке.

Однако амальгамированием не удастся извлечь другие редкие металлы, содержащиеся в руде, да и золото редко удастся извлечь полностью. Поэтому нередко применяют извлечение золота из руд раствором цианистого натрия или кальция. Затем этот раствор пропускают через цинковую пыль. Золото выделяется снова в металлическом виде. Заводы по химическому (гидрометаллургическому) извлечению золота имеют сложную технологию. Ею в дальнейшем воспользовались для химического извлечения других металлов — урана, цинка, меди и т. д., введя новые виды растворителей.

Самородное золото содержит в себе примеси других металлов. Отделение их осуществляют чаще всего электролитическим методом. Полученное в результате электролиза золото имеет чистоту не ниже 999,9 пробы.

ЧИСТОТА ДРАГОЦЕННОГО СПЛАВА

Проба... Мы впервые столкнулись с этим словом, столь употребительным у ювелиров. Оно обозначает чистоту благородных металлов, определяет весовое содержание основного металла в сплаве, из которого делают ювелирные украшения. Проба чистого металла — 1000.

Если в сплаве содержится 250 граммов примеси на килограмм сплава, то проба его будет 750. Для изготовления ювелирных изделий у нас используют золото 375, 500, 583, 750 и 958 пробы, серебро — 750, 800, 875, 916 и 960 пробы, платину — 950 пробы и палладий — 500 и 850 пробы.

Примеси в драгоценный металл... Нет, это не случайные вещества, а совершенно определенные, строго дозированные добавки меди, серебра, кадмия, никеля, палладия. Называют их лигатуры. И вводятся они не для того, чтобы обесценить сплав, а чтобы придать ему необходимую прочность. Золоту лигатуры придают и требующийся цвет — красный, розовый, зеленый, синий или даже белый. Вот почему так разнообразны оттенки золотых ювелирных изделий.

На золотом кольце, серебряной чайной ложечке и любом другом изделии из драгоценных металлов вы всегда можете найти пробу — пробирное клеймо — крохотные знаки, оттиснутые на металле. Посмотрите на них через увеличительное стекло. Вы увидите голову рабочего, трехзначное число и несколько букв. Голова рабочего — это эмблема, символизирующая государственное клеймо Советского Союза. Трехзначное число — собственно проба, о которой мы уже говорили. А буквы за ней — это «подпись» того учреждения пробирного надзора, в котором изделие прошло контрольное испытание.

Впрочем, проба может иметь и другой рисунок. Если вещь окажется дореволюционного изготовления, вы увидите в клейме женскую головку в кокошнике. Вещь, изготовленная после 1-го июня 1958 года, имеет в клейме пятиконечную звезду с серпом и молотом. Ну и, конечно, вещи, изготовленные зарубежными мастерами, имеют совсем другие пробы. А встречаются изделия из драгоценных металлов и совсем без пробы.

Нет, конечно, вовсе не обязательно производить точный химический анализ каждого изделия из золота или серебра. Чтобы выяснить, какую пробу имеет тот или иной сплав, ведут обычно испытания на пробирном камне. Это пластинка одного из природных минералов — чистого сланца, имеющая достаточно высокую твердость и черную матовую поверхность. На чистой поверхности этого камня испытуемым изделием натирают черту шириной 3—4 мм. Рядом натирают другую черту иглой, проба которой известна. Уже первое сопоставление цвета черточек позволяет судить о соответствии сплава изделия и эталонного сплава иглы.

Для уточнения обе черточки смачивают специальным раствором. Происходит химическая реакция. Если пробуется золотой сплав, то в результате этой реакции образуется тончайший порошок золота коричневого цвета. Оттенок его зависит от содержания в золоте примесей. Если цвет черты, нанесенной исследуемым сплавом, окажется светлее контрольной черты, сплав содержит больше золота, чем эталонный сплав. Если черта темнее контрольной, сплав беднее золотом.

Этим способом удается установить пробу золотого изделия с точно-

стью до 3 единиц, серебряного — до 5 единиц. Такая точность вполне достаточна в большинстве практических случаев.

Метрическая система проб, о которой мы рассказали, введена в нашей стране в 1926 году. А «пробирное искусство» существует уже в течение по крайней мере четырех тысячелетий, ибо оно зародилось уже в Древнем Египте. И, конечно, в разные времена применяли разные системы проб. Так, до Октябрьской революции в нашей стране использовали так называемую русскую систему проб. Она была построена на основе русского фунта, содержащего 96 золотников. Проба выражала количество золотников драгоценного металла в сплаве. Золото 92 пробы содержало соответственно 4 золотника примесей на фунт сплава, серебро 88 пробы — 8 золотников примесей.

Есть и другие системы проб, например каратная, применяемая в Англии, Швейцарии и некоторых других странах. Металл высшей чистоты по этой системе соответствует 24 пробе.

ЖЕЛТЫЙ МЕТАЛЛ

Золото — один из самых тяжелых металлов. Кубик золота со стороной в 1 см весит 19,25 г. Чистое от примесей, оно обладает ярким желтым цветом, очень тягуче и ковко.

Старые мастера, пользуясь этим его свойством, изготавливали сусаль — тончайшую золотую фольгу. Сначала золото раскатывали для этого в вальках. Когда получали пластинки примерно такой же толщины, как писчая бумага, начинался ручной процесс. Кусочки золотой «бумаги» укладывали между тонкими пленками, снятыми с бычьей печени, и осторожно проковывали. Расковав пластинку, разрезали ее на части и снова ковали между бычьими пленками. Повторяя эту операцию несколько раз, получали тончайшую фольгу. Толщина ее иногда достигала 0,00001 мм. Золотая пленка такой толщины просвечивает синевато-зеленым цветом.

Умели древние мастера делать и «двойники» — современным языком металлурга их следовало бы назвать биметаллической фольгой. Чтобы изготовить двойник, между бычьими пленками закладывали сложенные вместе золотой и серебряный листки. Фольга получалась желтой с одной стороны и белой, сверкающей — с другой.

Сусальное золото и двойник широко использовались для золочения икон, церковной утвари и т. д. Да и сегодня золотых дел мастера изготавливают их и применяют для покрытия мебели, в переплетных и других работах. Предел прочности золота в отоженном состоянии на разрыв не превышает 12 кг на кв. мм. Это металл весьма средней прочности. Он мягок, уже ногтем можно провести черту на пластинке чистого золота.

Золото плавится при 1063 градусах. Если продолжать нагревать расплавленное золото, над ним скоро начнет подниматься желто-зеленый пар — парообразное золото. А при 2970 градусах оно закипает.

Золото обладает завидной химической стойкостью (такую бы железу иметь!). Оно не растворяется ни в щелочах, ни в кислотах. Только



Первая неудача Дон-Жуана.

смеси кислот, вроде царской водки, да еще растворы цианистых солей в присутствии кислорода властны над ним. Оно неохотно вступает в химические реакции, а если и удастся получить его соединения, то они легко разлагаются — одни при нагревании, другие просто под действием света.

Практически применяются только сплавы золота с серебром, медью и платиной, да еще амальгамы.

Сплавы золота с серебром отличаются разнообразием цветов и оттенков. При 20—40 процентах серебра они имеют зеленовато-желтый цвет, при 50 процентах — бледно-желтый и т. д. Все сплавы золота с серебром (они применяются в ювелирном деле) мягки и ковки. Отжиг придает этим сплавам твердость и хрупкость, закалка — мягкость и пластичность. Как раз обратное тому, что мы имеем при закалке и отпуске стали.

Из сплавов золота с медью изготавливают монеты, ювелирные изделия, зубные протезы. Золото-платиновые сплавы, но с обязательной добавкой серебра идут для производства электрических контактов.

Вот, пожалуй, и все основные применения золотых сплавов.

КУПОЛ ИСААКИЕВСКОГО СОБОРА

Высоко должна была подняться сверкающая голова «Исаакия» — прекраснейшего из соборов Петербурга! Двадцатидвухметровый купол собора, поднятый на тяжелых колоннах (из сплошного куска гранита!), покрывали листами меди. А чтобы сиял он, как солнце, и даже ярче солнца, медь золотили.

Тяжелые листы шлифовали, полировали, очищали от жира, промывали кислотой. Затем их амальгамировали, натирали полужидкой желтой амальгамой. Потом клали на жаровни, наполненные горящим углем. Легкий синевато-зеленый дымок поднимался над листом — пары улетающей ртути, и чудесным солнечным светом начинал сиять медный лист.

Так повторяли 2—3 раза, чтобы получить слой драгоценного металла толщиной в 3—5 микрон.

Легче казалась на первый взгляд работа людей, возившихся с медными листами под дощатым навесом у жаровен, чем труд каменотесов и землекопов.

Но это только на первый взгляд. Ведь все без исключения рабочие, золотившие листы, погибли страшной, мучительной смертью. «Отравление парами ртути», — констатировали бы врачи, если бы они осмотрели заболевших. Сколько человеческих жизней вложено в тонкую золотую пленку на куполе Исаакиевского собора! И хотя золотое покрытие, нанесенное таким способом, держится добрых полторы сотни лет, вряд ли это искупает загубленные жизни.

Вот почему так важно открытие русского ученого Б. С. Якоби, нашедшего другой способ покрывать металлические изделия тонкими пленками металлов же — гальванопластику. Осуществляется она в

гальванических ваннах электрическим током. Покрытие это не менее прочно, чем огневое.

Гальваническим способом нанесено золото на медные главы Благовещенского собора в Московском Кремле, шпиль Петропавловского собора в Петербурге и т. д. В советские годы этим способом позолотили каркасы рубиновых кремлевских звезд.

Разного цвета могут быть золотые покрытия, нанесенные гальваническим способом. Добавить в золотой электролит цианистой меди — и красным станет металл, долить еще цианистого серебра — и розовым засияет покрытие. А если добавить одного цианистого серебра, оно станет зеленым.

Новейшим способом нанесения золотого слоя является катодное распыление. Его применили лишь во второй четверти XX века. Этим способом можно создать тончайший слой золота — иногда в тысячные доли микрона. Совершенно очевидно, что применяют его лишь в особых случаях — при изготовлении фотоэлементов, специальных зеркал, граммофонных пластинок и т. п.

Сущность способа такова. Электрический разряд в разреженном газе сопровождается разрушением катода. Частицы катода летят с огромной скоростью в направлении разряда и осаждаются на поверхности самых различных материалов — не только металлов, но и бумаги, дерева и т. д.

Впрочем, золотить деревянные предметы умели еще в глубокой древности. В Египте еще за 3 тысячи лет до нашей эры покрывали деревянные изделия тончайшей золотой фольгой. Так украшали носилки и коляски фараона и его приближенных, саркофаги и т. д. В России этим способом пользовались с XI века до середины XIX века для золочения глав церквей, крыш и шпилей дворцов и т. д. Золотая фольга приклеивалась к медным или железным основаниям с помощью специальных лаков. Срок службы таких покрытий на вещах, находящихся в употреблении или на чистом воздухе, редко превосходил пятьдесят лет.

Был и другой способ золочения — порошковый. Изделие, подлежащее золочению, покрывали слоем специального клея и посыпали тончайшим золотым порошком.

Но все эти способы уступают открытой Б. С. Якоби гальванопластике.

СОПЕРНИК ХУДОЖНИКОВ

У фотографии длинная предыстория.

Еще в средние века было подмечено свойство ляписа, одного из соединений серебра, чернеть со временем. Но должно было пройти не-

сколько столетий, пока в 1839 году родилась фотография. Создателем ее был французский художник Л. Дагер. Полчаса, а то и дольше должен был сидеть фотографируемый совершенно неподвижно, чтобы получился сносный дагерротип — так назывались получаемые по способу Дагера фотографии. Делались они на тщательно отполированных серебряных пластинках. Как сильно усовершенствовалась фотография! Тысячные доли секунды нужно теперь, чтобы сделать снимок. Фотоизображение стало движущимся. Но по-прежнему в фотографии применяется серебро в виде самых различных соединений. По-прежнему свойство соединений серебра изменять свой химический состав под действием лучей света является основой фотографического процесса.

Как и золото, серебро принадлежит к числу благородных металлов, как и золото, хотя и значительно реже, встречается в самородном виде. Добывать его начали, вероятно, одновременно с золотом или чуть позже. А выплавлять из руд в Малой Азии умели уже за 3 тысячи лет до нашей эры.

Серебро имеет известный всем красивый белый цвет. Оно значительно легче золота — удельный вес серебра всего 10,49. Плавится оно при 961 градусе, кипит при 1955 градусах. Как и золото, серебро очень пластично, хорошо полируется.

Полированное серебро обладает максимальной из всех металлов отражательной способностью. Оно отражает 95 процентов падающих на него лучей. Именно поэтому его применяют для изготовления зеркал, причем не только тех, которые висят и стоят в наших комнатах, а и зеркал телескопов, оптических приборов и т. д.

Серебро обладает максимальной — лучшей, чем металл электротехники медь, — электропроводностью. Поэтому из серебра делают проволоку точнейших физических приборов, паяют серебряным припоем измерительную радиоаппаратуру, изготавливают из серебра наиболее ответственные клеммы разнообразнейших реле.

Серебро обладает большей химической активностью, чем золото, однако и оно не окисляется на воздухе. Серебряная ложечка может неограниченно долго лежать на воздухе и не покроется даже мельчайшими пятнышками окислов, если в воздухе не будет сероводорода или окислов серы. Эти газы — страшные враги серебра. Сернистый газ обычно содержится в воздухе городов, он образуется при сгорании каменного угля. Сероводород возникает при гниении органических веществ, в частности при разложении яичного белка. И стоит поесть серебряной ложечкой, годами не терявшей своего блеска, не очень свежее яйцо — серебро потемнеет. Виноват в этом сероводород.

Есть у серебра одно чрезвычайно важное свойство. Уже давно заметили, что вода, налитая в серебряный сосуд, не гнивает. Этим немало пользовались церковники. Они держали «святую» воду в серебря-

47



g

серебро

107,88

Первый друг фотолюбителей.

ных сосудах. Разлитая и по стеклянным бутылочкам вода, в которой остались растворенными ионы драгоценного металла, губительные для многих бактерий, не портится.

Поэтому полезно есть серебряными ложками. Поэтому покрывают серебром поверхности автоклавов, вакуум-аппаратов и других устройств, применяемых в пищевой, кондитерской и консервной промышленности.

На земном шаре производится раз в пять больше серебра, чем золота. Так, в капиталистических странах в 1953 году было получено около 5520 тонн этого металла.

Мы уже говорили о применении серебра в радиотехнике и фотографии. Кроме того, серебро используется для изготовления столовой посуды и ювелирных изделий.

УСТОЙЧИВЕЕ ЗОЛОТА

Когда говорят о самородной платине, геолог еще не может сказать, о чем идет речь. Ибо химически чистая платина не встречается в природе. Значительно чаще встречаются ее сплавы с другими металлами — железом, медью, никелем, палладием, иридием, родием. Группа сплавов с этими металлами, содержащими в среднем около 80 процентов платины, и называется самородной платиной.

Платина реже золота образует крупные самородки, к тому же они редко бывают большими. Самые крупные из них достигают 8—9 кг. Обычно же находят небольшие зерна или чешуйки платины.

Самородная платина, как самородные железо и серебро, была известна в глубокой древности. Название ей дали в XVI веке испанские колонизаторы, привозившие этот металл из Южной Америки. Кстати, древние обитатели Америки, ацтеки, уже умели обрабатывать этот металл. Их последний властитель, Монтесума, послал в подарок испанскому королю прекрасные платиновые зеркала. Как удавалось справиться древним американским металлургам с этим тугоплавким металлом — и сегодня тайна.

В России, на Урале, платина была впервые найдена в 1819 году.

Наша страна исключительно богата платиной. Промышленная добыча ее началась в конце первой четверти прошлого века. В 1825 году было добыто 190 кг платины, а в 1843 году — уже около 3,5 тонны. В последующие годы, в зависимости от спроса на нее и некоторых причин политического характера, производство этого металла то резко возрастало, то так же резко падало. Во второй половине XIX века большую часть русской платины вывозили за границу. Продавали ее там по самым низким ценам.



Кто разгадает секрет древних?

В 1870 году во всем мире было добыто несколько больше 2 тонн платины. К 1900 году эта цифра почти достигла 6 тонн, а к 1913 году превзошла 7 тонн. В этом количестве русская платина составляла 93—95 процентов.

Кроме России, поставлявшей основное количество мировой добычи, платину добывали в Колумбии, США, Канаде. В тридцатых годах этого века платину стал поставлять во все возрастающих количествах и Южно-Африканский Союз.

В послереволюционное время платиновая промышленность в нашей стране развивалась стремительно и энергично. Вместе с тем крупнейшими поставщиками платины стали Канада и Южно-Африканский Союз.

В 1960 году в капиталистических странах было добыто около 16,6 тонны платины.

По цвету платина напоминает олово, по удельному весу— 21,4 — она несколько тяжелее золота. Она принадлежит к числу тугоплавких ме-

таллов — немало пришлось повозиться русским металлургам, прежде чем они научились делать из нее монеты: ведь плавится она лишь при 1773 градусах, а кипит при 4400 градусах. Нелегко вскипятить платиновый напиток!

Чистая платина — мягкий пластический металл. Из нее можно вытянуть проволоку толщиной в 0,001 мм! Но самым главным ее достоинством является удивительная химическая стойкость. Она не окисляется на воздухе даже при самом сильном накаливании; кислоты, кроме царской водки, на нее не действуют. Именно поэтому платину так охотно используют для изготовления химической посуды — тиглей, трубок, чашек, секток и т. д. Делают из нее и специальную заводскую аппаратуру, котлы, реторты: ведь ее высокая химическая стойкость сочетается и с высокой жароупорностью.

Еще одним удивительным свойством обладает платина. Она — отличный катализатор. Бывает нередко: смешают химики требующиеся вещества, чтобы получить новые вещества, а реакция идет так медленно, что хоть плачь, а то и совсем не идет. И ничего не помогает: ни подогревание, ни повышение давления. Да и не всегда можно повышать давление и температуру.

Но в целом ряде таких случаев помогает платина. В ее присутствии многие химические реакции ускоряются в десятки раз. А сама она остается без изменения, в реакции не участвует. В частности, платина помогает вырабатывать в заводских условиях серную кислоту.

Однако основными потребителями платины сегодня являются не химическая промышленность, а ювелирное и зубоврачебное дело. Именно сюда уходит большая часть добываемой на нашей планете платины.

СПУТНИКИ ПЛАТИНЫ

Как у астронома небесные тела Фобос и Деймос всегда ассоциируются с Марсом, спутниками которого они являются, так для химика и геолога палладий, иридий, осмий, родий и рутений ассоциируются с платиной, ибо они являются ее постоянными спутниками. Без нее они обычно не встречаются.

Разделение металлов платиновой группы и их очистка — большой и сложный технологический процесс, называемый аффинажем. Сущность его заключается в том, что самородную платину, содержащую в себе другие металлы, растворяют в царской водке. Затем действием различных реагентов — хлористым аммонием, сахаром и т. д. — вызывают выпадение различных металлов в осадок.

Наиболее известен из группы платиновых металлов иридий.

В 1802 году английский химик С. Теннант растворил в царской водке несколько зерен самородной платины, однако на дне пробирки остался нерастворимый осадок. Исследуя его химический состав, ученый выделил два новых металла. Один из них за яркую, радужную окраску он назвал иридием — от греческого слова «радуга».

Чистый иридий впервые получил русский химик М. Козицкий. Новый металл оказался чрезвычайно тяжелым — его удельный вес 22,4 г на куб. см и очень тугоплавким — 2454 градуса; температура кипения иридия лежит выше 4800 градусов.

Иридий отличается еще большей химической стойкостью против коррозии, чем платина. Даже царская водка на него не действует. Только в очень измельченном виде он медленно с ней реагирует.

Иридий отличается исключительной твердостью, нестираемостью, поэтому из него изготавливают острия хирургических инструментов, кончики вечных перьев, поверхности электрических контактов магнето. Из природного сплава иридия с осмием, также очень твердого, делают опоры шестерен часовых механизмов и точных приборов.

Метр... Это международная мера, основа метрической системы мер. «Самый главный» метр хранится в Международном бюро мер и весов во Франции. С него снимают копии и рассылают всем другим странам. Есть такая копия и в нашей стране, во Всесоюзной палате мер и весов.

Для изготовления этих первоначальных эталонов выбрали самый прочный, твердый, тугоплавкий материал, самый изнosoустойчивый, не стареющий и не корродирующий, обладающий малым коэффициентом линейного расширения.

Таким самым вечным из известных людям материалов оказался сплав 10 процентов иридия с 90 процентами платины. Из этого сплава и изготовлен как французский «главный метр», так и его иностранные собратья.

Осмий — сосед иридия в периодической системе элементов. Он близок к иридию и по своим свойствам — твердости, хрупкости, устойчивости против разъедающего действия кислот. Однако он постепенно окисляется на воздухе даже при обычных условиях. Плавится осмий около 2700 градусов.

Осмий — самый тяжелый из всех элементов, известных на земле. Его удельный вес — 22,5 г на куб. см. Всего чуть больше 4 куб. см осмия надо для того, чтобы сделать гирьку весом в 100 г.

Осмий — еще очень мало изученный металл. Известно только, что,

кроме иридия, он очень мало с какими металлами образует сплавы. Некоторые его соединения применяются в медицине и биологии, в частности для окраски нервных тканей при их исследовании под микроскопом.

Палладий — третий из группы платиновых металлов. Как и два предыдущих, он относится к числу редких и рассеянных элементов. Впервые был отделен от платины английским ученым У. Волластоном. В 1804 году, незадолго перед этим, был открыт крупный астероид Паллада. В честь этой планеты и назвал английский химик новый металл.

Палладий плавится всего при 1554 градусах. Удельный вес его почти вдвое ниже, чем у осмия и иридия, — 12,1 г на куб. см. Механические свойства таковы, что он легко обрабатывается.

Среди металлов платиновой группы он обладает самой высокой химической активностью. Окисляется при нагревании на воздухе, растворяется не только в царской водке, но и в азотной кислоте.

Интересна способность палладия растворять газы. Особенно хорошо в нем растворяется водород. Один объем палладия способен растворить 300 объемов водорода.

Из палладия изготавливают колпачки с массой тончайших отверстий — так называемые фильеры для промышленности искусственных волокон. Сквозь отверстия фильер продавливают массу, из которой и образуются нити.

Из сплавов палладия с медью, серебром и золотом делают части часовых механизмов и иногда те детали лабораторного оборудования, которые обычно изготавливаются из платины. Нашел он себе применение и в электротехнике. Из него делают контакты телефонных аппаратов, термопары, некоторые виды медицинского инструмента.

Тот же английский ученый У. Волластон открыл и еще один металл платиновой группы. Соединения этого металла были окрашены, как правило, в красивые розовые и красные цвета. За это ученый дал новому металлу имя «родий» — от греческого слова «розовый».

Свойства родия были изучены позже. Новый металл оказался весьма средним среди металлов платиновой группы. Он плавится при температуре в 1966 градусов. Удельный вес родия — 12,4. Окисляется он только при нагревании до 600—1000 градусов, не растворяется в кислотах и очень слабо — в царской водке.

Родий применяется в виде сплава с платиной в термопарах и для изготовления химической посуды. Кроме того, им иногда покрывают отражающие поверхности зеркал крупных прожекторов.

Последним из группы платиновых металлов был открыт рутений. Выпала честь совершить это открытие в 1844 году русскому химику К. Клаусу. Ученый назвал новый металл в честь своей родины России.

Рутений плавится при температуре в 2450 градусов, кипит при 4150 градусах. Удельный вес его близок к весу родия и палладия — 12,2. Подобно другим металлам платиновой группы, он в раздробленном состоянии хорошо поглощает газы. Окисляется при нагревании кислородом воздуха, но не растворим ни кислотами, ни царской водкой. Чрезвычайно тверд и хрупок.

Применение рутения очень ограничено. Добавка его в некоторые сплавы платиновых металлов упрочняет их. Кроме того, рутений входит в состав некоторых катализаторов для химической промышленности и в краску для фарфора. Вот, пожалуй, и все применения этого чрезвычайно редкого элемента.

ЖИДКИЙ МЕТАЛЛ

Если бы не удивительная способность оставаться жидкой до минус 38 градусов, ртуть, безусловно, еще в глубокой древности вошла в число благородных металлов. Из нее чеканили бы деньги, делали затейливую оправу для драгоценных камней, вырезали фигурные кубки и чаши: ведь ртуть по своей химической стойкости близка к золоту и серебру. Она сосед золота и в периодической системе элементов. Как золото и серебро, правда значительно реже, она встречается в природе в самородном виде. Но так как есть из ртутной посуды и носить броши из ртути могла бы, пожалуй, лишь снежная королева из андерсеновской сказки, этому любопытнейшему металлу нашли в современной технике другие применения. И хотя с ним имеют дело не ювелиры, а ученые и инженеры, для человечества ртуть — самая тяжелая среди всех известных жидкостей (ее удельный вес 13,6 г на куб. см), обладательница уникальных свойств — пожалуй, драгоценнее и золота и серебра.

Ртуть — это и яркое сияние чрезвычайно экономичной лампы дневного света, и мощные выпрямители, стоящие на подстанциях метро, и электрички, и бесчисленные физические приборы, самым распространенным из которых является обыкновенный градусник. Удивительное свойство ртути — образовывать с золотом амальгамы — еще древние использовали для извлечения этого драгоценного металла из старых золототканых одеяний. Сегодня его применяют при добыче золота из руд. Гремучая ртуть — одно из соединений ртути — является сильнейшим взрывчатым веществом. И в медицине широко применяются многие ее соединения. Ртуть входит в состав красок, которыми красят днища оке-

анских судов — и они не обрастают ракушками и водорослями. А в сельском хозяйстве веществами, содержащими ртуть, протравливают семена. Разве насчитывает золото столько незаменимых применений в самых различных областях науки, техники, производства!

...И вот мы в Хайдаркане, на металлургическом заводе, продукцией которого является металлическая ртуть. Позади — полторы сотни километров по отличному горному шоссе, бесчисленные витки которого, впрочем, непреодолимы для людей, склонных к морской болезни. Позади и пленительный миг, когда, вырвавшись к очередному перевалу, мы увидели внизу в изумительно живописной долине прилепившиеся к склону горы строения завода и весь в зелени садов его поселок.

Как прекрасны горы Тянь-Шаня! Мы летали на самолетах наравне с их вершинами так, что крылья, казалось, вот-вот заденут каменистые осыпи или грозно вздыбившиеся скалы. Мы ездили по горным дорогам, свитым в запутанный узор, прыгающим из долины в долину. И всегда, прильнув к стеклу иллюминатора, высунувшись из кабины, мы не уставали любоваться этой окаменевшей музыкой. Да, именно с прекрасной музыкой хочется сравнить эти горы! Кажется, какой-то немислимый волшебник дирижировал здесь фантастическим оркестром и, подчиняясь зову пленительной симфонии, от радости, гнева, счастья вольно вздымались каменные громады. Вдруг — в момент наивысшего напряжения и страсти — умолк оркестр, и застыли навек гранитные гиганты, запечатлев в своих вечных чертах восторг, порыв, радость...

Как бесконечно разнообразен пейзаж этих каменных волн, то сурово сдвинувшихся над тонкой и блестящей, как лезвие, струей горной реки, то привольно разошедшихся вокруг изумрудно-зеленой долины! Как легки похожие на зацепившиеся облака вечные снега на вершинах, как неотвратно тяжелы, как мучительно давят всплеснувшие ввысь и нависшие над дорогой черные глыбы скалы!..

В сердце этих гор, в долине, на высоте полутора тысяч метров над уровнем моря, и расположился ртутный завод. Давно, тысячи лет назад, добывали здесь ртутную руду древние горняки. Проходя штреки в самое сердце горы, иногда натываются на пробитые ими ходы. Они безошибочно ведут к рудным жилам. Как находили они верное направление, как определяли под толщей гранита местоположение ртутных руд — и сегодня загадка. В этих древних ходах — множество человеческих скелетов. Они умирали здесь же, в сердце горы, рабы неведомых народов, добывавших целительный металл, важнейшее лекарственное средство древних медиков.

...Электровоз, погромыхая вагонетками на стыках рельсов, вытягивает из черного отверстия шахты, уводящего прямо в сердце горы, свой длинный состав. В вагонетках среди кварца, гранита попадают камни, словно пусто обрызганные запекшейся кровью. Это и есть дра-

гоценная руда ртути. Ее разгружают в бункер дробилки. Это ворота металлургического завода.

— Вы просите рассказать о наших рационализаторах, — говорит директор завода Владимир Львович Резницкий. У него доброе лицо с могучими шевченковскими усами, неторопливые движения. — А пробовали ли вы представить себе, какое это чудо — наш завод? Наше индустриальное предприятие, организованное по последнему слову науки и техники, не уступающее лучшим зарубежным, — здесь, среди совсем еще недавно диких, почти необитаемых гор!

Аланский хребет да и вся Киргизия были колониальными окраинами Российской империи. Что ж, в колониях нередко залежи драгоценных руд. Но как их используют? Рабским трудом местного населения получают руду, грузят ее в мешках на яков или лошадей, перегружают на плоты и спускают вниз по реке. А где-нибудь «в культурном центре», поближе к метрополии, строят уже плавильные заводы. И путь руды от штрека до металла устилают костями туземцев. Помните, у Киплинга: «Я худшую смерть предпочту работе на ртутных рудниках, где крошатся зубы во рту...» Вот попробовали бы вы на таком «предприятии» поговорить о рационализаторах! А у нас...

За последние два года мы снизили расход топлива на тонну получаемого металла на одиннадцать процентов. Снизили потери ртути в огарках на сорок процентов. За счет утилизации тепла в огарках отказались вообще от специальной котельной — там за окном ее пустое здание. И самое главное — рационализаторской деятельностью у нас занимаются многие и многие, начиная с директора завода и кончая молодыми рабочими, несколько месяцев назад пришедшими на завод. Всех увлекает это важное и интересное дело...

И вот мы идем по заводу. Впрочем, здесь нет традиционных заводских кирпичных зданий, в которых работают машины. Все агрегаты завода находятся на открытой площадке. Целительный воздух горных вершин овевает каждое рабочее место. И может быть, поэтому здесь совершенно нет профессиональных заболеваний, почти неизбежных при работе с ртутью.

Пройдя дробление, руда поступает во вращающиеся обжиговые печи. Это огромные, длиной в добрые полтора десятка, диаметром более двух метров, наклонные цилиндры. Руда поступает в верхнюю часть печи и постепенно, пронизываемая пламенем, опускается, переваливаясь вдоль цилиндра. Рабочий приоткрывает дверку печи, находящуюся в ее торце, и нам виден вихрь пламени, пронизывающего обвал раскаленного камня. Здесь при температуре около 800 градусов распадается соединение ртути и ее пары увлекаются из печи потоком газов горения.

А остатки руды — их называют огарки — спускаются в специальный бункер.

— Им досталось от рационализаторов, этим бункерам, — говорит Резницкий, улыбаясь и поглаживая усы. — Видите паутину труб, опоясывающую этот бункер? Отдельные трубы даже пронизывают его насквозь. Это и есть устройство для использования тепла огарков. Ведь даже в машину мы их грузили с температурой двести-триста градусов. В трубах циркулирует вода. Она нагревается, и мы используем ее для технологических нужд завода. В ближайшее время пустим ее и для отопления поселка.

Но это еще не все, что сделали рационализаторы с нашими бункерами. Ведь в них еще продолжается выделение из руды паров ртути. Поэтому надо выдерживать огарки в бункерах до тех пор, пока они не охладятся. А проведенные рационализаторами исследования показали, что при разгрузке бункера в самосвал попадают в первую очередь еще горячие огарки из центральной части бункера, а остывшие, с краев, так и остаются в нем. Переоборудован бункер так, чтобы разгрузка происходила по частям, с краев, а не из центра. И потери ртути в огарках сразу же резко снизились.

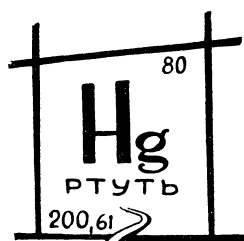
Инженер рассказывает о дальнейшей судьбе паров ртути, выделившейся во вращающейся печи.

— Заметили ли вы, что, когда рабочий приоткрыл дверку печи, ни один язычок пламени не вырвался наружу? Мало того, пламя словно бы отшатнулось от открывшегося отверстия внутрь печи.

Дело в том, что весь процесс обжига, очистки, конденсации ртути осуществляется в вакууме. Поэтому ни одна струйка содержащих ртутные пары газов из печи не может вырваться наружу. Наоборот, наружный воздух стремится ворваться внутрь сквозь любую мельчайшую щель или отверстие.

Огненный вихрь увлекает за собой из печи не только пары ртути, а и огромное количество мельчайшей пыли. Чтобы очистить от нее, газы пропускают сквозь специальные устройства — циклоны. Поток газа в них закручивают тугим вихрем, и центробежная сила отделяет от него твердые частицы. Очищенные газы поступают в холодильники. Опромненные батареи их высятся рядом с печами. В них происходит конденсация — сжижение ртути. Жидкая ртуть собирается в огромной, десятиметровой длины кастрюле под слоем воды. Вместе с ней в эту кастрюлю попадают и мелкие частицы рудной пыли, окислы сурьмы и мышьяка и другие вещества. Чем меньше попадет сюда пыли, чем больше уловят их циклоны, тем больше ртути удастся получить сразу в чистом виде. А это чрезвычайно выгодно для производства.

Рационализаторы завода тщательно изучили работу циклонов. Удалось выяснить, что качество их работы снижается из-за твердого осадка на завихрителях. Тщательное изучение показало, что осадок этот возникает не во время нормальной работы печи, а в моменты пуска ее.



Тогда инженеры разработали новую технологию пуска печи, при которой на завихрителях циклонов осадка не возникает, и сэкономили государству на этом сотни тысяч рублей...

Мы проходим по разным участкам завода и везде сталкиваемся с плодами мудрой рационализаторской мысли. Вот стоит неказистый на вид пресс для правки лодочек, в которых дожигают ту самую смесь пыли и мельчайших капелек ртути, которую получают под конденсатором. Вот устройство для закупорки сосудов с ртутью высших марок, также созданное на заводе. В цехе упаковки готовой продукции стоит приспособление для развешивания металла высших марок — также воплощение идеи заводского рационализатора.

Мы в крохотном домике, где производится окончательная очистка ртути промыванием щелочами, азотной кислотой и где ее упаковывают для отправки с завода. Рафинированную, высшего качества

разливают в фарфоровые стаканы — по 5 кг в каждом. А небольшие стальные баллоны, в которых отправляют с завода обычную ртуть, уже не каждый поднимет: в них по 35 кг драгоценного металла.

В большой железный бак, стоящий здесь, стекает ртуть со всего завода. Инженер бросает в нее гирию, и гирия плавает в жидком металле, как пробка в стакане



Нет тяжелее жидкости на свете.

воды. Может быть, это против правил, но я опускаю руку в сверкающее жидкое серебро. Какая она неподатливая и упругая, эта ртуть, как она упрямо выталкивает руку — драгоценная кровь гор, добытая смелыми и умными людьми, не потерянными и заброшенными в медвежьем углу, а живущими одной жизнью, одним биением сердца со всей страной...

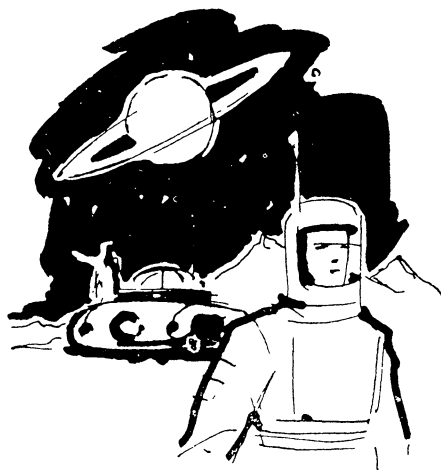
Снова петляет машина по горной дороге... Сколько металлургических заводов в моей стране — не только всемирно известных гигантов, но и скромных предприятий, вроде этого, приютившегося среди гор! Разные металлы вырабатывают на них. И везде есть в технологическом процессе производства «белые пятна» — неиспользованные возможности, ибо каким бы высокосоввершенным ни был технологический процесс, он всегда может быть еще усовершенствован.

И так же, как здесь, в Хайдаркане, в сердце Киргизских гор, пылает и на тех заводах творческая пытливая мысль, поднимая все выше техническое совершенство советской металлургии.



XI

У НИХ ВСЁ ВПЕРЕДИ



С та лет не прошло со дня создания периодической системы элементов Д. И. Менделеевым. Совсем недавно заполнены ее последние клетки — искусственно создали люди те элементы, которых не смогла сохранить до наших дней природа. А уже подавляющее большинство этих элементов понадобилось сегодня человеку.

Чем глубже человек проникает в сокровенные тайны природы, чем лучше узнает свойства элементов, тем больше из них приглашает к себе на службу.

И нередко случается, что тот или иной элемент, в течение длительного времени считавшийся ни на что не пригодным, вдруг оказывается обладателем удивительных свойств, возникает огромная потребность в нем.

21 Sc Скандий 45,10				31 Ga Галлий 69,72	32 Ge Германий 72,60	33 As Мышьяк 74,91	34 Se Селен 78,96
39 Y Иттрий 88,92	40 Zr Цирконий 91,22	41 Nb Ниобий 92,91		48 Cd Кадмий 112,41	49 In Индий 114,76		52 Te Теллур 127,61
57—71 La Лантан 138,92	72 Hf Гафний 178,6	73 Ta Тантал 180,88			81 Tl Талий 204,39		

И тогда металлурги находят возможность удовлетворить эту потребность.

Так было с алюминием, считавшимся драгоценным еще в конце прошлого века. На него предъявила спрос авиация — и его производство в мире сегодня превосходит 3 млн. тонн.

Так было с вольфрамом — металлом сверхтвердых сплавов, электрических лампочек, качественных сталей.

Так было с цезием — металлом фотоэлементов.

Совсем недавно то же произошло, или, точнее, происходит, с титаном и германием.

Ну, а какой из еще не используемых металлов окажется завтра в центре внимания физиков, химиков, инженеров?

На это невозможно ответить. О металлах, не применяемых сегодня

или мало применяемых, правильнее всего с убежденностью сказать: у них все впереди.

Познакомимся же с этими металлами, разбросанными по разным уголкам периодической системы элементов.

КЛУБОК ЗАГАДОК

Есть в периодической системе элементов клетка, в которой проживает не один, а целых пятнадцать элементов. Их называют редкими землями. Они похожи друг на друга, как братья-близнецы. Но ведь и близнецы обладают индивидуальными чертами и свойствами характера. Обладают ими и редкие земли. Но, к сожалению, о них очень мало еще знают физики и химики.

Редкие земли вовсе не так уж редки. Некоторые из этих пятнадцати элементов встречаются чаще кобальта, цинка, свинца — металлов, чрезвычайно широко применяющихся в технике. Запасы церия в земной коре превышают запасы кадмия, сурьмы, молибдена, золота; 0,017 процента по весу земной коры составляют редкие земли. Это совсем не так уж мало.

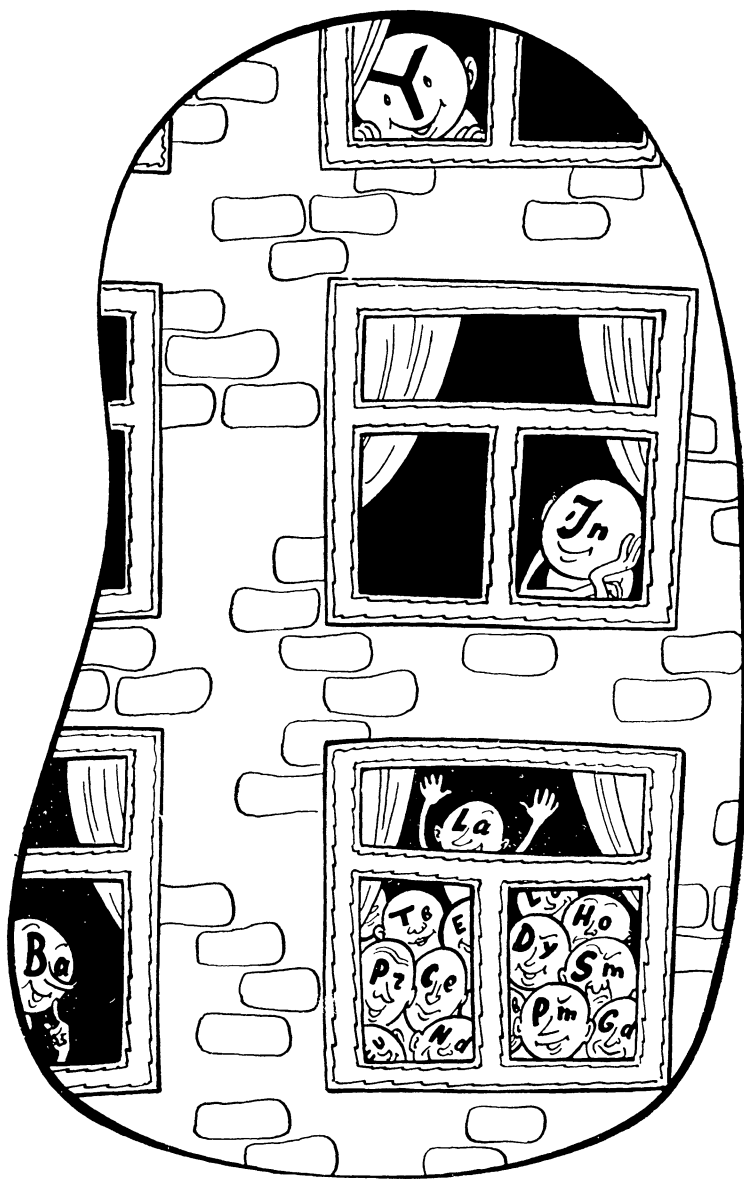
Не так уж мало и минералов, содержащих редкие земли. Они встречаются и в обеих Америках, и в Скандинавии, и в Финляндии, у нас на Кольском полуострове, на Урале и в других местах.

В чем дело? Почему так плохо изучены эти элементы?

Потому, что они перепутаны друг с другом в соединениях в один клубок, распутать который чрезвычайно трудно. Ведь элементы этой группы имеют одинаковые внешние электронные оболочки, которыми определяются химические свойства элемента. Отличаются они друг от друга строением ядер и внутренних электронных оболочек. Даже для того, чтобы просто разобрать этот клубок тайн, выяснить, какие входят в него элементы, понадобилось более ста пятидесяти лет усилий нескольких поколений химиков. А некоторые из этих элементов и сегодня ни один химик не держал на ладони — они еще не получены в чистом виде.

В 1794 году финский химик Ю. Гадолин впервые выделил химическое соединение, которое назвал иттриевой землей. Землей в те времена называли невозстановливаемые существующими методами окислы металлов. Гадолин считал, что он и нашел окисел нового металла — иттрия.

Иттрий не является жителем клетки, в которой обитают наши пятнадцать элементов. Он живет на один этаж выше, над этой клеткой-обшежитием. Но по химическим свойствам он схож с редкими землями, и в течение долгого времени его включали в их число.



В тесноте, да не в обиде.

Металлический иттрий получил в 1828 году немецкий химик Ф. Вёлер. Это был далеко не чистый металл. В нем в большом количестве содержались родственные металлы с нижнего этажа. Да и сегодня чистый иттрий по существу не получен. Даже удельного веса его как следует определить не удалось. Об остальных его свойствах и говорить нечего.

С иттрия и началась эпопея открытия редких земель. В 1843 году из иттриевой земли выделили две новые земли — эрбиеву и тербиеву. Еще через тридцать пять лет из эрбиевой земли выделили иттербиеву землю. Иттербиеву землю также удалось разложить, отделив скандиеву землю. А из эрбиевой земли еще позже выделили тулиеву землю.

Надо ли говорить, что все эти земли оказались окислами металлов из таинственного клубка все той же клетки-общегития периодической системы? Впоследствии из них получили металлы эрбий, тербий, иттербий, тулий. Скандий оказался жителем отдельной клетки, расположенной, так сказать, на два этажа выше клетки-общегития, непосредственно над клеткой иттрия.

Скандий, открытый в 1879 году шведским химиком Л. Нильсоном и названный им в честь своего полуострова, близок по свойствам редким землям. Он относится к числу очень рассеянных элементов, в чистом виде его удалось видеть очень немногим химикам. Удельный вес этого металла — около 3,1 г на куб. см, температура плавления — около 1300 градусов, кипения — 2400 градусов. Химически он менее активен, чем иттрий и редкие земли.

Может быть, этот металл и найдет еще себе широкое применение, если только его крайняя рассеянность не будет тормозить изучение его свойств и возможностей.

В иттриевой земле оказалось целых шесть элементов, причем два из них даже не из числа жителей клетки-общегития. Но потянув за «иттриевый кончик», только начали распутывать клубок тайн. Одновременно его распутывали и с другой стороны, тянули за другой «кончик» — цериевую землю.

Ее получил в 1803 году шведский химик Берцелиус. Оказалось, что и она — смесь целого ряда земель. Из них в конце концов выделили металлы церий, лантан, празеодим, неодим и самарий.

Так распутывался клубок тайн. Последний, пятнадцатый элемент в природе обнаружить не удалось. Его получили в 1947 году искусственно, методами современной «ядерной алхимии».

Название «редкие земли» имеет сейчас чисто историческое значение, звучит как напоминание о тяжелой истории разделения этих элементов. Химики предложили для них другое имя — «лантанонды», по имени лантана, первого в ряду элементов, населяющих клетку.

Лантаноиды имеют целый ряд общих химических свойств. Все они — металлы, быстро окисляющиеся на воздухе, медленно разлагающие воду при комнатной температуре и очень энергично при нагревании. Легко вступают в реакции и с большинством неметаллов.

Значительно разнообразнее физические свойства лантаноидов. Празеодим имеет, например, желтый цвет, он похож на медь; диспрозий больше всего напоминает серебро, а церий — свинец. Они резко отличаются, в частности, и по температуре плавления. Иттербий — тугоплавкий металл; чтобы его расплавить, нужна температура в 1780 градусов. А тербий плавится уже при 310 градусах. Самарий — один из самых твердых металлов, он соперничает в этом с закаленной сталью. А лантан и церий можно резать ножом.

Скажем сразу: далеко не все тайны этого клубка металлов разгадали сегодня ученые. И как раз здесь может скрываться еще много неизвестного. Такого, что может вызвать переворот в целой отрасли техники или промышленности.

Редкоземельные металлы уже и сейчас находят широкие применения. Из церия (конечно, не чистого церия, а сплава его с целой кучей сожителей по клетке периодической системы, так называемого мишметалла) делают камни для зажигалок. Стоит слегка ударить по этому сплаву или провести им по неровной поверхности, как возникнет целый фейерверк искр. Это горят отколовшиеся крупинки церия: ведь он вспыхивает при температуре в 165 градусов и горит ярким, ослепительным цветом.

Церий — один из самых изученных лантаноидов. Открывший его в 1803 году шведский химик И. Берцелиус дал ему имя в честь недавно открытой планеты Цереры. Эта древняя традиция давать названия металлам по имени небесных тел, мы знаем, была продолжена даже в наши дни.

Плотность церия — 6,8 г на куб. см, температура плавления — около 793 градусов, кипения — около 2690 градусов.

Ну, а чем замечателен лантан — элемент, давший название целой плеяде металлов?

Лантановую землю впервые выделил в 1839 году шведский химик К. Мосандер. Имя новому металлу он дал от греческого слова «скрываюсь» — «скрывающийся». Однако никаких особых свойств этот элемент, как позже оказалось, не таит в себе. Его удельный вес — 6,1 г на куб. см, температура плавления — 820—850 градусов. А может быть, просто не открыли этих особых свойств в лантане и он до сего дня честно оправдывает свое имя?..

Двойником лантана является другой редкоземельный элемент —

празеодим. Имя это в переводе с греческого означает «бледно-зеленый двойник» — так его назвал австрийский химик К. Вельсбах, впервые отделивший его соли. Он же впервые отделил соли еще одного двойника лантана — металла неодима, что в переводе означает «новый двойник».

Название «самарий» — а это имя еще одного члена семейства лантаноидов — как будто бы свидетельствует о том, что он впервые получен русским ученым. Но это не так. Впервые открыл его в 1879 году француз Л. Буабодран и назвал его по имени минерала самарскита, в котором его обнаружил. Но и минерал этот назван не по имени города Самары, а в честь русского горного деятеля В. Е. Самарского. Таково путешествие имени в периодическую систему элементов.

Сам самарий ничем из других лантаноидов не выделяется. Только некоторые соединения его обладают способностью ярко флуоресцировать желто-оранжевым светом. Это их свойство широко используется в фосфоресцирующих смесях.

Такое же применение имеют соли и самого редкого из редкоземельных элементов (не считая прометия, которого вообще нет в природе и который был изготовлен искусственным путем) — европия. Происхождение этого названия, данного в 1901 году французом Э. Демарсе, не вызывает сомнений.

А вот название «гадолиний» дано в честь финского химика Ю. Гадолина швейцарским химиком Ж. Мариньяком, открывшим этот металл в 1880 году. Некоторые соли этого металла сыграли серьезную роль в приближении человека к абсолютному нулю. Дело в том, что, размагничиваясь, эти соединения охлаждаются. В намагниченном виде их охлаждают до предельно возможных температур, а затем размагничивают. Происходит дальнейшее, еще более глубокое охлаждение.

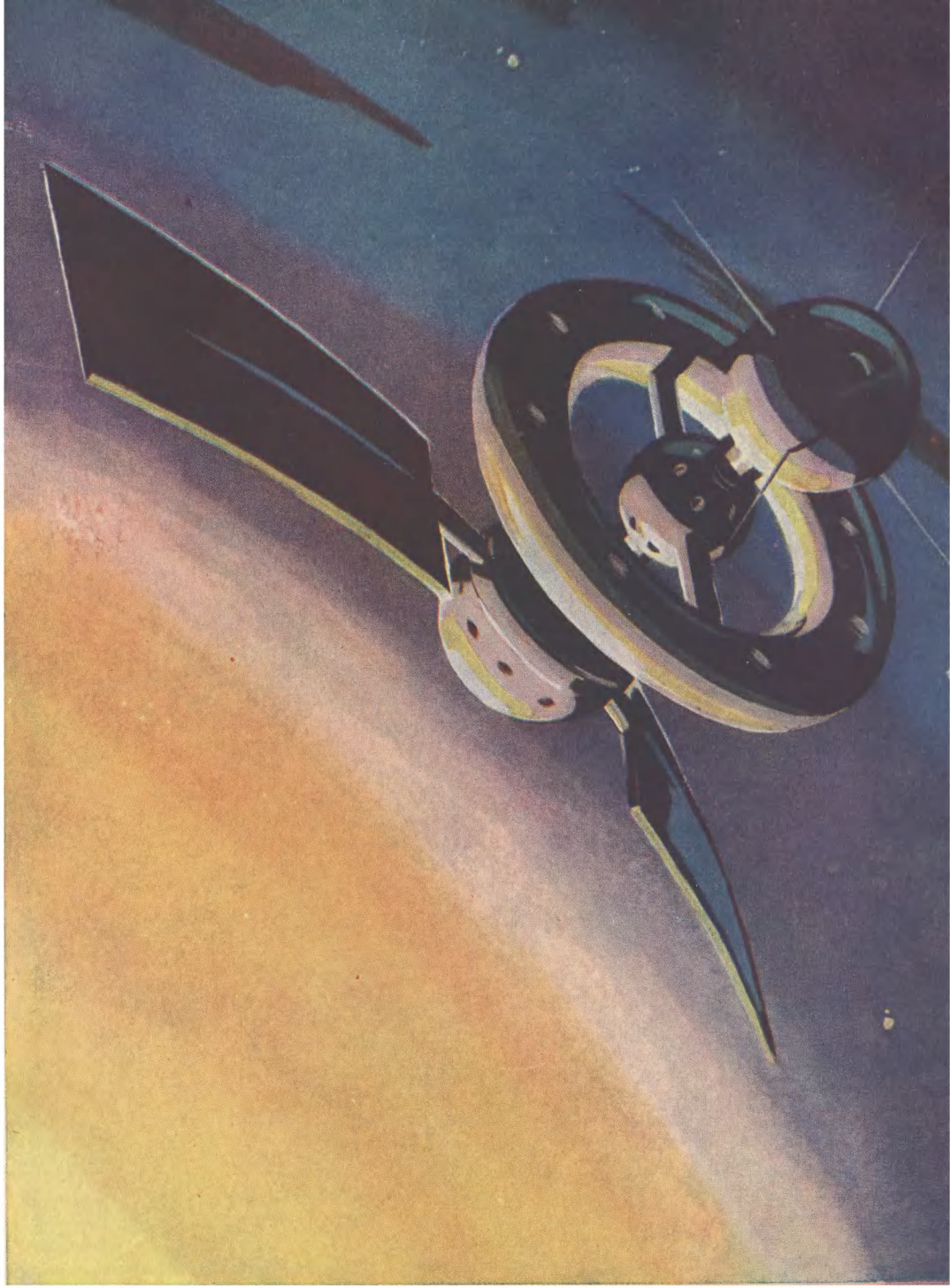
О тербии, двойнике гадолиния, практически ничего не известно, кроме того, что его соли окрашивают соли гадолиния в желтый цвет.

А может быть...

Окислы тербия окрашивают в желтый цвет и окислы другого лантаноида — диспрозия, что в переводе означает «труднодоступный». Это очень интересный металл, также практически почти не изученный. А ведь его соединения являются самыми парамагнитными из всех веществ. Окись этого металла в 15 раз парамагнитнее окиси железа. Впрочем, в парамагнитности лавры первенства с соединениями диспрозия делят соединения другого лантаноида — гольмия, открытого в 1879 году шведом П. Клеве и названного им в честь Стокгольма. Больше и об этом металле, кажется, ничего не известно.

Земляк тербия — эрбий (они были открыты в одном и том же минерале) отличается тем, что его окислы и соли окрашены в красивый ярко-розовый цвет. Раскаленная окись эрбия светится ярким зеленым цветом. Вот и весь комплекс известных особенностей эрбия, отнюдь не

КРЫЛЬЯ ЭТОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ — ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ГЕРМАНИЕВЫЕ ПЛАСТИНКИ.



в ничтожных, скорее в значительных количествах встречающегося в иттриевых землях.

Придумывая название для открытого им нового элемента, шведский химик П. Клеве проявил редкую в таких случаях оригинальность пристрастий. Он назвал его в честь Туле — легендарной страны, которая, как считали древние греки, находится на крайнем севере земли. Металл получил название «тулий».

Тулий давно ждет применения. По своим свойствам он может служить отличным материалом для изготовления генераторов медицинских рентгеновских аппаратов. Можно готовить из него и отличные люминофоры. Но все пока упирается в трудность получения этого металла в чистом виде.

Впрочем, если уж говорить о названиях, то больше всего повезло в этом смысле небольшому селению Иттербю. Находится оно в Швеции, на острове Руслаген. В одной из каменоломен близ этого селения и был найден знаменитый минерал гадолиний, из которого выделили четыре минерала, получившие название в честь этой шведской деревушки — эрбий, тербий, иттрий и иттербий. О первых трех мы уже говорили. О четвертом трудно сказать что-нибудь кроме того, что свойства его изучены еще далеко не в полной мере.

Лютеций — последний элемент семейства лантаноидов. Впервые его в 1907 году выделил французский химик Т. Урбен, запечатлевший в названии этого металла латинское наименование Парижа. Металлический лютеций не получен до сих пор.

Нет, еще далеко не распутан клубок тайн, скрытых в переплетении этих пятнадцати металлов! Сколько интересных и важных вопросов ждут разрешения!

Металлурги заметили, что добавки редкоземельных металлов — их пестрого сплава — сообщают магниевым и алюминиевым сплавам важнейшие свойства. Какой из добавляемых металлов обладает сильнейшими легирующими свойствами? Может быть завтра один или несколько металлов из семейства редких земель станут такими же важными витаминами крылатых металлов, как вольфрам, хром и никель сегодня важны для получения качественной стали.

Церий — его тоже добавляли в виде пестрого сплава — улучшает свойства сплавов никеля и хрома. Может быть, в редких землях скрываются витамины витаминов?

Добавка 8 процентов церия к алюминиево-медному сплаву делает его кислотоупорным и стойким в воде. А каким будет этот сплав, если в него добавить 8 процентов эрбия или 8 процентов лютеция, ни одной крупинки которого еще не получено в чистом виде?

Клубок тайн еще ждет своих исследователей. Причем не одного, а многих. Одному тут явно не справиться.

МЕЖДУ ТИТАНОМ И ВОЛЬФРАМОМ

В квадрате, по сторонам которого лежат эти два металла, размещаются четыре металла — цирконий, гафний, тантал и ниобий. Различны их качества, история, вероятно, и будущее. Но есть одно, что их объединяет: их уже начинают использовать, причем перспективы этого использования весьма велики.

Самым легким из этих металлов является цирконий — ближайший сосед блистательного титана. Он был открыт в 1789 году немецким ученым М. Клапротом. Имя свое получил тогда же по минералу циркону. В значительных количествах содержится в земной коре — 0,02 процента по весу. Таким образом, его больше, чем меди, цинка, олова или свинца. Существуют и многочисленные минералы, содержащие цирконий. Но сто пятнадцать лет должно было пройти, чтобы химики смогли впервые выделить чистый металлический цирконий. Он был получен только в 1914 году.

Внешне цирконий похож на сталь, но многими своими качествами превосходит ее

Удельный вес циркония — 6,25 г на куб. см, плавится он примерно при 1830 градусах, кипит — при 2900 градусах.

Чистый цирконий превосходит по прочности хорошую сталь. Вместе с тем он обладает значительной пластичностью, из него можно вытягивать проволоку.

Коррозионная устойчивость циркония выше, чем у титана, выше, чем у хромоникелевой нержавеющей стали. Он не боится ни разбавленной серной кислоты, ни азотной кислоты любой концентрации. Ему не страшны и водные растворы щелочей. Он растворяется только в концентрированной серной кислоте.

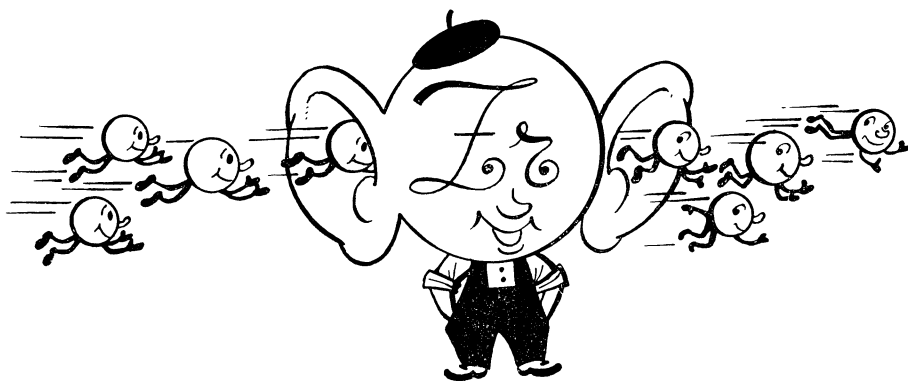
Не правда ли, неплохой подбор качеств для конструкционного материала? Меньший, чем у железа, вес, высокая прочность, отличная обрабатываемость, превосходная коррозионная устойчивость.

И к этому еще одно — удивительное и редкое: он почти не захватывает нейтронов.

Как говорят физики, он имеет малое эффективное поперечное сечение поглощения. Это очень подходящее свойство для материала многих деталей атомных реакторов и атомных электростанций.

Все это делает цирконий важнейшим металлом новой техники. И производство его, хотя и не так стремительно, как производство титана, но неуклонно растет.

В 1947 году в США была пущена опытная установка для получения 27 кг циркония в неделю. В 1952 году было произведено уже 122 тонны циркония. Большая половина была прокатана в листы и конструкцион-



Нет, нейтроны здесь не задерживаются.

ные профили. Конечно, весь этот металл пошел на изготовление атомных реакторов.

Между тем цирконий ждут не только на атомных электростанциях, ледоколах и подводных лодках. Цирконий — отличный витамин стали. По своему влиянию на нее он подобен ванадию, и так же безукоризненно выполняет он роль очистителя. Циркониевые стали пластичны, выдерживают высокие температуры. Многие броневые, нержавеющие и огнеупорные стали содержат цирконий.

Добавки циркония полезны и для алюминиевых сплавов. Они становятся более плотными, пластичными. Почти вдвое возрастает их прочность. Резко возрастает стойкость против коррозии, в частности от морской воды.

Очень полезны добавки циркония для меди. Они лишь в незначительной степени снижают ее электропроводность, в то время как повышают прочность ее — после соответствующей термообработки — в полтора раза.

В последние годы получили распространение легированные цирконием сплавы магния. И здесь цирконий повышает прочность сплава. Прочность сплава магния с 4—5 процентами цинка и 0,6—0,7 процента циркония вдвое выше, чем сплава магния с цинком, но без циркония.

Цирконий добавляют в свинцовистые бронзы и меднокадмиевые сплавы, в марганцовистую латунь и сплавы никеля.

Вот сколько отраслей металлургии жаждет применения циркония!

Но цирконий находит применение и сам по себе, а не только в сплаве. Мы уже упоминали атомную промышленность. Но этот металл состоит в крепкой дружбе с другой развивающейся новой отраслью промышленности — электровакуумной.

Среди свойств циркония есть и жадное стремление поглощать газы. Это свойство используется для поддержания вакуума в вакуумных электро- и радиолампах.

Циркония ждут не только металлурги, но и конструкторы. Из него предполагается делать детали центрифуг, насосов, конденсаторов для различных химических производств, поршни, шатуны, тяги и другие детали двигателей внутреннего сгорания, лопасти паровых и газовых турбин, детали реактивных двигателей и т. д.

Еще большее применение, чем то, которое ждет цирконий, имеют уже сейчас окислы циркония. Они крайне тугоплавки — плавятся только при 2700—2900 градусах, поэтому из них готовят разнообразные огнеупоры.

Гафний — родной брат циркония. Он всегда содержится в тех же рудах, что и цирконий. И хотя гафний значительно более тугоплавкий металл — он плавится только при 2230 градусах и удельный вес его — 11,4, почти вдвое больше, чем у циркония, — долгое время гафния даже не замечали. Только в 1923 году венгр Г. Хевеши и голландец Д. Костер в Копенгагене открыли этот металл рентгеноскопическим анализом. Имя металлу они дали по латинскому названию Копенгагена.

Впрочем, существование гафния предсказал еще в 1870 году Д. И. Менделеев. А знаменитый датский физик Н. Бор описал свойства гафния еще до того, как он был обнаружен.

Было время, металлурги искали пути, как выделить чистый гафний. При этом их не очень волновало, оставался ли гафний в цирконии и вообще насколько чистым оставался этот элемент. Ныне задача резко изменилась. Атомной технике нужен абсолютно чистый цирконий. И особенно недопустимо в нем присутствие гафния, обладающего огромной способностью поглощать нейтроны — чуть ли не в тысячу раз большей, чем цирконий. И теперь перед металлургами стоит обратная задача: выделить как можно более чистый цирконий, если можно — вообще без примесей гафния.

Сам гафний применений практически не имеет. Пытаются его использовать в нитях накала электролампочек и в катодах рентгеновских трубок, но для этих целей есть и более подходящие металлы.

Завоевать себе право на использование гафния еще только предстоит.

Сосед гафния справа по периодической системе элементов — металл тантал.

Тантал — один из героев древнегреческих мифов. Легенды повествуют, что он однажды жестоко рассердил богов, и те обрекли его ужас-



А уж здесь им не пройти.

ной казни. По горло в прозрачной, как хрусталь, холодной воде стоит мучимый жаждой Тантал. Так близка вода, но стоит ему приблизить к ней жаждущие уста, как она бежит от них. Ни одна капля не попадает в раскаленный рот преступника.

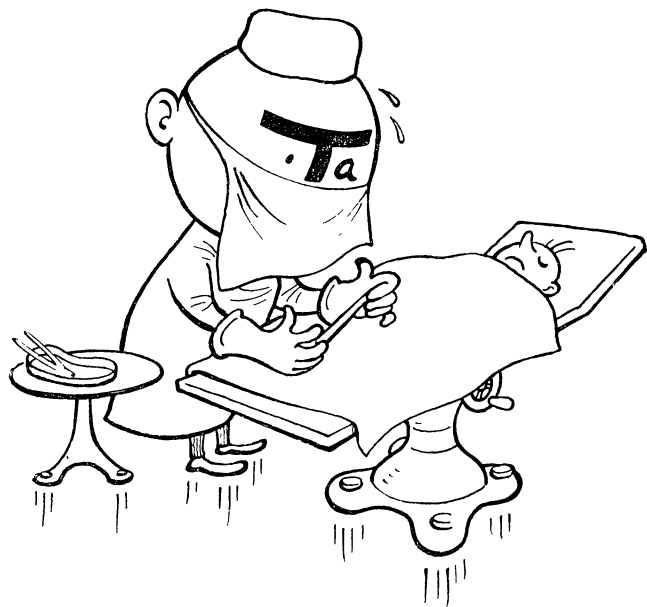
Когда в 1802 году шведский ученый А. Экеберг обнаружил, что окислы нового открытого им металла не растворяются в кислотах, он назвал его танталом.

Как выяснилось позже, ученый получил не чистый тантал, а его смесь с ниобием. Чистый тантал был получен лишь через сто лет — в 1903 году.

Тантал внешне напоминает платину. На воздухе он покрывается сероватой, очень прочной пленкой окислов, препятствующих дальнейшей коррозии. При нагревании до 400 градусов эта пленка приобретает красивый небесно-голубой цвет, сохраняющийся и после охлаждения.

Тантал — тяжелый металл. Его удельный вес — 16,6 г на куб. см. Он очень тугоплавкий — плавится лишь при 2850—3000 градусах. Более высокую температуру плавления имеют только вольфрам и рений. Кипит тантал при 5300 градусах. Температура на поверхности Солнца выше всего на 700 градусов.

Тантал — прочный металл. Предел прочности танталовой проволоки — 92 кг на кв. мм. Далеко не всякая сталь может похвастаться такой прочностью!



Благородна миссия тантала!

По химической стойкости тантал уступает лишь благородным металлам, да и то не во всех случаях.

Металл с такими высокими качествами, конечно, не мог не найти себе применения.

Действительно, его начали применять в том же 1903 году, когда впервые получили в чистом виде. Он был первым металлом, из которого изготавливались нити для электрических лампочек. Впоследствии, правда, его заменил в этом более дешевый и тугоплавкий вольфрам.

Однако и донныне он широко применяется в электровакуумной промышленности.

Тантал — износостойкий металл. Он соперник иридия в наплавке на кончики перьев автоматических ручек.

Тантал — желанный гость и в химической промышленности. В частности, он обычный материал для изготовления конденсаторов, работающих в производстве соляной кислоты.

Из него делают и фильеры (вместо платиновых) для протягивания нитей искусственного шелка.

Хирургов давно мучило чувство жестокой беспомощности, когда оказывался перебитым крупный кровеносный сосуд. Они научились, наложив лубок, сращивать кости, сшивать разорванные вены, восстанавливать поврежденные нервы. И только соединить разорванные кровеносные артериальные сосуды они не умели.

Это пытались делать великие хирурги, вроде Пирогова. Провозившись несколько часов, проявив ювелирное мастерство, они сшивали тоненькие упругие трубочки, но очень часто их старание не приводило к добру: в месте соединения образовывался тромб свернувшейся крови.

Сосуд переставал выполнять свою основную обязанность. Результаты высочайшего умения хирурга оказывались равными нулю.

Это было всего двадцать лет назад. Теперь на вооружении советских хирургов есть дивный аппарат для сшивания сосудов. Изобрел его молодой инженер В. Гудов.

Этот аппарат — небольшая машина, состоящая из нескольких десятков никелированных деталей. Концы сшиваемого сосуда зажимаются в двух половинках этого аппарата, затем половинки соединяют, нажим кнопки — и специальные скрепочки, подобные тем, что сшивают тетради, накрепко соединяют кровеносный сосуд.

Скрепки эти делаются из тантала. Удивительный металл не вызывает никакого раздражения тканей, не отравляет организма. Он постепенно рассасывается организмом без следа. Уже через несколько дней самое тщательное просвечивание рентгеном не дает возможности обнаружить скрепки. Их уже не существует, их заменила живая ткань.

Из тантала делают планки для сращивания сломанных костей, танталовыми пластинками укрепляют поврежденный череп. Тканью из танталовых нитей соединяют разорванные мускулы.

Такое совершенно своеобразное применение в технике ремонта живых организмов нашел ныне тантал.

Ниобий — постоянный спутник тантала. Их долго путали.

Соединения ниобия впервые выделил из соединений тантала немецкий химик Г. Розе. Он и дал этому дочернему элементу имя мифической дочери Тантала — Ниобеи. Чистый ниобий был получен впервые только в 1907 году.

Ниобий — тугоплавкий металл. Он плавится при 2415 градусах, кипит при 3300 градусах. Удельный вес его невелик — 8,6 г на куб. см. Прочность примерно соответствует прочности углеродистой стали. Он обладает средней химической активностью.



А юную Ниобею надо еще долго воспитывать

Ниобий в настоящее время служит в качестве легирующего элемента сталей. Его вводят в количестве 0,5—0,8 процента в хромоникелевые стали. Кроме того, в сплаве с танталом он используется в электровакуумной промышленности.

Бесспорно стремительное внедрение в промышленность циркония и тантала.

Бесспорно, будут находить новые применения гафний и ниобий.

Все четыре металла, находящиеся между такими верными друзьями человека, как вольфрам и титан, не могут быть бесполезными лодырями и тунеядцами.

НА ГРАНИЦЕ С НЕМЕТАЛЛАМИ

Правую часть развернутой периодической системы Менделеева занимают неметаллы. Раньше их называли металлоидами.

Скажем откровенно: резкой границы между металлами и неметаллами нет. С точки зрения химика, к металлам относятся те элементы, которые, вступая в соединение, отдают свои электроны, к неметаллам — те, которые стремятся присоединить электроны. Однако очень многие элементы в одних соединениях отдают свои внешние электроны, в других, наоборот, присоединяют их.

Окислы металлов, растворяясь в воде, образуют щелочи; окислы неметаллов — кислоты. Элементы, соединения которых обладают как щелочными, так и кислотными свойствами, то есть проявляющие себя и металлами и неметаллами, называются амфотерными. Их много. Даже такой резко выраженный металл, как железо, в некоторых химических соединениях ведет себя как неметалл. Но наибольшей амфотерностью обладают элементы, занимающие в периодической системе промежуточное положение между металлами и неметаллами. К ним относятся цинк, алюминий, галлий и т. д. А относительно целого ряда элементов вообще трудно решить, металлы это или неметаллы, так причудливы их химические свойства.

Возьмите второе издание Большой советской энциклопедии и откройте ее 27-й том на слове «металлы». И в списке, где приводится распространенность металлов в земной коре на стр. 270 (мне не раз приходилось заглядывать в этот список), и в таблице свойств металлов на стр. 244—245 можно найти и мышьяк, и селен, и теллур.

Но раскройте 29-й том этой же энциклопедии на слове «неметаллы». Там вы найдете прямое указание, что и мышьяк, и селен, и теллур относятся к неметаллам.

Ошибка? Конечно, несогласованность между утверждениями двух статей энциклопедии есть. Но она легко объяснима. Автор статьи о металлах убедительно может доказать, подтвердив целым рядом примеров, что три спорных элемента обладают целым рядом металлических свойств. Автор статьи о неметаллах приведет столько же подтверждений, что элементы эти имеют кучу неметаллических качеств.

Даже рискуя обеднить задуманную книгу о неметаллах и власти над ними человека, включил я короткие справки об этих элементах сюда, в рассказ о металлах.

Селен — еще один элемент, название которого химики заимствовали у астрономов. Открывший его в 1817 году в отходах серной кислоты шведский ученый Берцелиус дал имя своему «крестнику» в честь Селены — так греки называли Луну. Селен относится к числу рассеянных элементов. По целому ряду своих свойств он очень напоминает серу. Подобно сере, он встречается в самородном состоянии. Вместе с тем известен и целый ряд минералов, образованных селеном. Он связан в них с медью, серебром, ртутью и т. д.

При обработке колчеданов селен концентрируется в отходах производства. Это один из основных источников его добычи. Кроме того, он содержится в шламе, скапливающемся на дне электролитических ванн при электролизе меди. Содержание селена в этом шламе может достигать 14 процентов. Это второй важный источник получения селена.



Металл?.. Неметалл?.. Металл?.. Неметалл?..

Селен, как и сера, имеет несколько модификаций. Если расплавленный селен (плавится он при температуре 214 градусов, а кипит при 685 градусах) медленно охлаждать, то получается отливка серо-черного цвета — так называемый серый или металлический селен. При быстром охлаждении образуется хрупкая серовато-свинцовая масса — стекло-видный селен. При нагревании уже до 50 градусов он размягчается, как и всякое аморфное тело, не имеющее кристаллической структуры и определенной точки плавления. Однако при дальнейшем нагревании стекло-видный селен кристаллизуется и переходит в серый селен.

Есть и еще одна модификация селена — рыхлый красный порошок, красный селен. Он получается при быстром охлаждении паров этого элемента.

Селен является типичным полупроводником.

Еще всего лет двадцать назад люди, связанные с электротехникой, считали полупроводники почти бросовым материалом. Проводники были очень нужны. Это провода, шины, контакты. Нужны были и изоляторы. Из них делали распределительные щитки, ими покрывали проволоку, из них изготовляли подвески для линий высокого напряжения. А полупроводники — их свойства проводить электрический ток отчетливо выражены названием — не годились ни на то, ни на другое.

Между тем полупроводники обладают многими замечательными свойствами. Они изменяют свою электропроводность под действием внешних причин. При охлаждении до температуры, близкой к температуре абсолютного нуля, они не только не становятся сверхпроводниками, но, наоборот, приобретают качества абсолютных изоляторов. Эти и другие свойства полупроводников привлекли к ним сейчас всеобщее внимание. На них возлагают большие надежды многие отрасли техники.

Полупроводниковые приборы начинают заменять радиолампы самых различных назначений. Такие приборы оказываются несравненно меньше радиоламп, к тому же при работе они потребляют значительно меньше энергии. И последнее: они работают практически вечно, тогда как радиолампы всегда имеют определенный гарантированный срок службы.

Ссылаясь на эти удивительные свойства, радиоинженеры обещают создать безотказно работающие радиоприемники массового пользования величиной со спичечную коробку и даже меньше, выпустить в продажу телевизоры, состоящие чуть ли не из одного экрана, плоские, как книга, — их можно будет вешать на стены. И, действительно, полупроводники позволяют осуществить все эти, казавшиеся недавно несбыточными, мечты.

В технике и промышленности широко применяются выпрямители электрического тока самых различных назначений. Но как они все неудобны! Они включают в себя или стремительно вращающиеся части, или огромные стеклянные баллоны, наполненные ртутью и ее парами. Обращение с ними должно быть очень деликатным, бережным.

И здесь на помощь пришли полупроводники.

Они не содержат ни движущихся частей, ни громоздких стеклянных баллонов. С волнением относятся к ним, в частности, инженеры и ученые, работающие над проблемой электрификации железнодорожного транспорта. Они считают, что именно полупроводниковые выпрямители позволят осуществить давнишнюю мечту — широко внедрить электрическую тягу на переменном токе.

Среди многих замечательных свойств полупроводников есть способность превращать в электрический ток тепловую энергию. Если соединить два полупроводника так, чтобы образовалась электрическая цепь, к одному спаю подвести тепло, а другой, наоборот, охладить, в цепи появится электрический ток. Он появляется и в цепях, соединенных из металлических проводников, но в данной будет в десятки и сотни раз больше. Настолько больше, что можно изготавливать и выпускать в широкую продажу бытовые термогенераторы, вырабатывающие электрический ток для питания сельских радиоприемников из тепла, выделяемого обычной настольной керосиновой лампой или керогазом.

В тридцатых годах прошлого века было обнаружено обратное явление: при прохождении тока в цепи из разных проводников в местах их контактов выделяется или поглощается тепло, контакты или нагреваются, или охлаждаются. В полупроводниковой цепи это явление столь интенсивно, что оказалось вполне возможным использовать его в домашних холодильниках.

Такие холодильники с охлаждающим механизмом из полупроводниковых элементов, сквозь которые проходит электрический ток, уже существуют. Они оказываются экономичнее, удобнее, долговечнее всяких других.

Но не о холодильниках главный разговор. Мы упомянули о них потому, что здесь нашло свое отражение явление, которое может быть использовано при разработке конструкций тепловых электростанций будущего.

Очень простой, значительно проще современной ТЭЦ, может получиться полупроводниковая теплоэлектростанция. Стенки ее топки покрывают спаями полупроводников. Жаркое пламя омывает выступающие внутрь спаи, на выходящие наружу «котла» обрушиваются потоки мелкой водяной пыли — для охлаждения. Ведь величина вырабатыва-

емого термоэлементом тока прямо пропорциональна именно разности температур нагреваемого и охлаждаемого спаев.

Такой представляется сегодня полупроводниковая теплоэлектростанция. Но пока это только мечта, смелая мечта инженеров и физиков. Промышленно пригодного, экономически выгодного прямого превращения тепловой энергии в электрическую мы еще не знаем. Только первые шаги делаются на этом пути. Максимально достигнутый коэффициент полезного действия полупроводникового термоэлемента равен 7 процентам — в четыре-пять раз ниже коэффициента полезного действия современной тепловой электростанции. Многое предстоит еще сделать нашим ученым, чтобы решить сложные вопросы, стоящие на пути к полупроводниковой электростанции.

Полупроводниковые термоэлементы могут быть применены и на других типах электростанций, использующих перепад температур, например на электростанциях, источником энергии у которых служит тепло земных недр.

Геофизики установили, что под струей теплого течения Гольфстрим над самым дном Атлантического океана есть устремленное к югу холодное течение. Можно себе представить полупроводниковую электростанцию, использующую перепад температур между этими течениями.

Вот во всех этих устройствах и принимает участие наряду с другими полупроводниками селен. Еще одно из замечательных свойств селена — способность резко изменять свою электропроводность в зависимости от освещения. На свету его электропроводность в тысячу раз выше, чем в темноте!

Действие света на селен, принцип работы селенового фотоэлемента отличается от действия света на цезий и принципа работы цезиевого фотоэлемента.

Цезий под действием света выбрасывает электроны — это явление называется внешним фотоэффектом. Освещаемый селен увеличивает свою электропроводность — это внутренний фотоэффект.

Теллур так же похож на селен, как селен на серу. Большинство того, что было сказано о свойствах селена, может относиться и к теллуру.

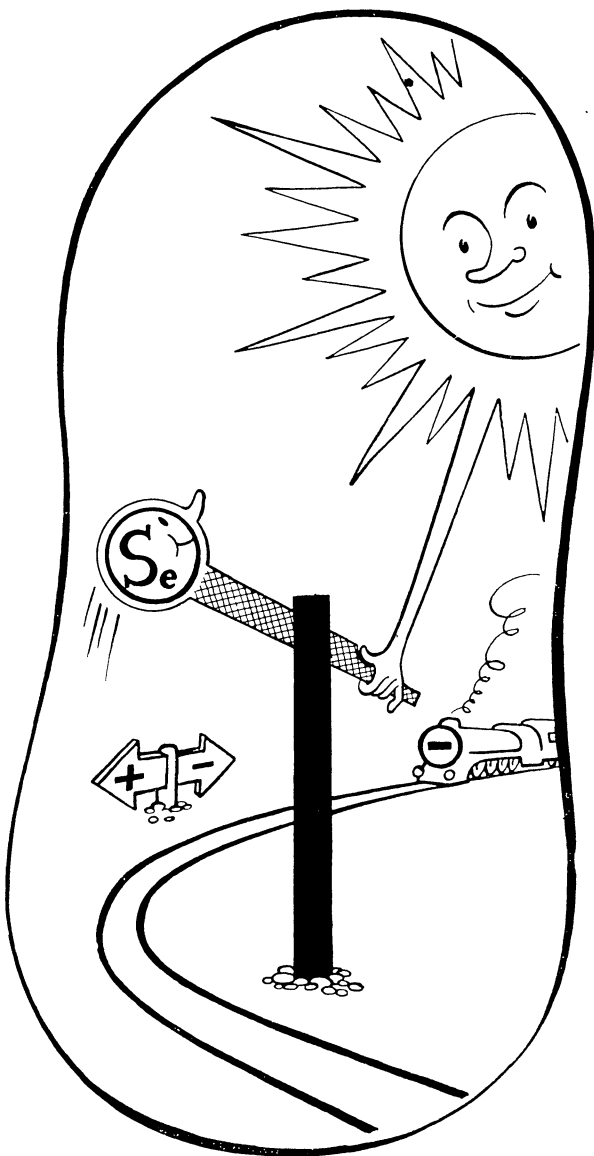
Впервые этот элемент был открыт в 1782 году венгерским химиком Ф. Мюллером. На рубеже девятнадцатого века он получил свое название. Происхождение этого названия имеет одновременно и земное и небесное происхождение, ибо оно произведено от латинского имени планеты Земля.

Теллур обладает более ярко выраженными металлическими свойствами, чем селен. Он имеет серебристо-серый цвет, на холоде хрупок и не ковок. Плавится он при 425 градусах, кипит при 1390 градусах. При комнатной температуре не окисляется. Как и селен, он встречается в самородном состоянии. Получают его из тех же источников, что и селен.

Теллур не изменяет своей проводимости под действием света. Он обладает большей электропроводностью, чем селен, и эта электропроводность возрастает при высоких давлениях.

Теллур находит применение в качестве легирующей присадки к свинцу.

Свинцовый сплав, содержащий 0,5 процента теллура, используют в сернокислотной промышленности для изготовления химической аппаратуры. Такой сплав работает почти вдвое дольше, чем чистый свинец. Добавка долей процента теллура к оловянистым баббитам значительно повышает их твердость, прочность, износоустойчивость. Применяется он и в ряде других случаев.



«Зеленая улица» для электронов.

Мышьяк — сосед селена в периодической системе. Это элемент с достаточно давней биографией. Его соединениями пользовались для получения лекарств и красок еще древние греки; издавна на Руси они применялись для истребления крыс и мышей. И само русское название его происходит от слов «мышь» и «яд».

Мышьяк также может существовать в нескольких аллотропических формах. Наиболее часто встречается серый мышьяк — хрупкий, серо-стального цвета элемент. При атмосферном давлении мышьяк, нагретый до температуры около 600 градусов, испаряется не растворяясь. Только при повышенном давлении можно получить жидкий мышьяк.

Металлический мышьяк применяется в качестве добавок к сплавам свинца, идущим на изготовление дроби. Он входит и в состав некоторых баббитов. Примесь мышьяка к сталям и меди, идущей на электротехнические нужды, считается крайне вредной.

Широкое применение находят соединения мышьяка. Этим и определяется его довольно широкая добыча в целом ряде стран.

Д. И. Менделеев предсказал свойства германия за пятнадцать лет до его открытия в 1886 году немецким химиком А. Винклером. Впрочем, само название этого элемента говорит о национальной принадлежности его первооткрывателя.

Совсем недавно этот удивительный металл светло-серого цвета был почти бесполезным для человека. В настоящее время с ним связаны большие надежды человечества. Это один из важнейших элементов-полупроводников (об их применении мы уже говорили), и поэтому стремительно растет производство германия, причем особенное старание прилагают ученые и инженеры, чтобы получить сверхчистый германий.

Германий — очень рассеянный элемент. Он содержится почти во всех породах, включая граниты и габбро, но везде в ничтожных количествах. Несколько повышенное содержание его отмечается в пыли газогенераторных установок. Вот из них-то и добывают германий. Второй его источник — отходы цинкового производства.

Вследствие высокой хрупкости германий нельзя обрабатывать давлением. Поэтому тонкие пластинки этого металла получают, распиливая слиток алмазной пилой. Фасонные детали получают, плавя германий в графитовых тиглях требуемой формы. Температура плавления германия — 959 градусов, кипения — 2700 градусов.

Особенно широкое применение находит сверхчистый германий, но применяется он и в сплавах. Сплав германия с алюминием рекомендован для изготовления катодов радиоламп. Сплав с золотом используется для получения твердых покрытий на золоте. Покрытие получают простым погружением изделия в сплав, находящийся в жидком виде уже при

500 градусах. Примесь германия в магниевых сплавах делает их более прочными, стойкими против усталости и коррозии.

Таковы элементы, лежащие на границе между металлами и неметаллами.

ОСТАТКИ РАССЕЯННЫХ

В 1871 году великий русский ученый Д. И. Менделеев предсказал, что еще не открытый в то время металл «экаалюминий» должен был быть:

- а) легкоплавким,
- б) не окисляющимся на воздухе,
- в) с удельным весом 5,9 г на куб. см,
- г) разлагающим пары воды при красном калении.

Оказалось, что мягкий серебристо-белый металл галлий, открытый четыре года спустя, в 1875 году, французом Лекок де Буабодраном и названный им в честь своей родины галлием:

- а) плавится при 30 градусах,
- б) окисляется только при красном калении,
- в) имеет удельный вес 5,9 г на куб. см,
- г) при высокой температуре разлагает пары воды.

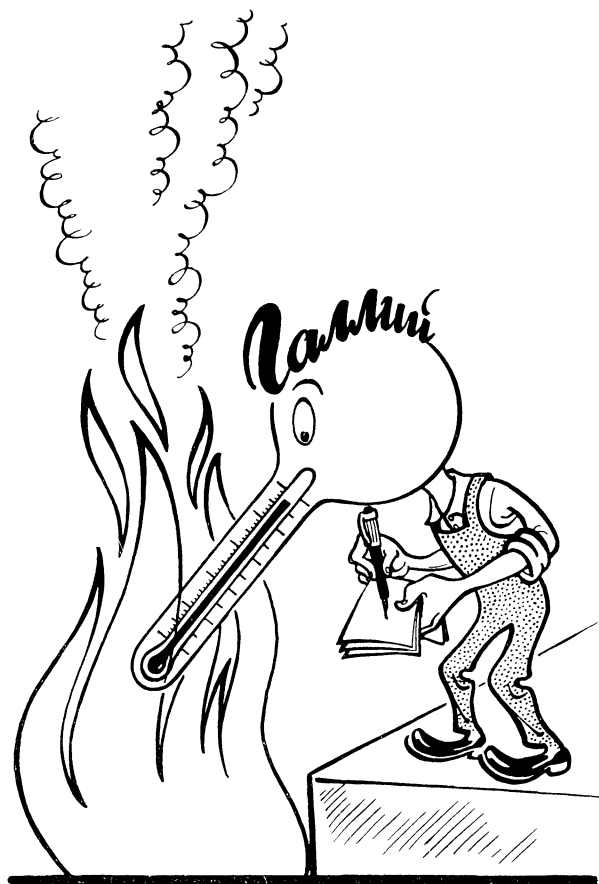
Жидкий галлий очень похож на ртуть. Он плавится прямо на ладони. Но он может оставаться жидким, как и всякая переохлажденная жидкость, при значительно более низкой температуре — до минус 40 градусов

Галлий остается жидким в очень большом диапазоне температур — от 30 до 2200 градусов, поэтому его используют в термометрах, рассчитанных на измерение высоких температур. Вместо стекла для изготовления баллончика и капиллярной трубки в таких термометрах используют кварц, и прибор работает безотказно до температуры в 1300 градусов.

Используется галлий и в сплавах с висмутом, свинцом, кадмием, индием, оловом, таллием и т. д. Эти сплавы имеют низкие температуры плавления — в 16, 20, 45 градусов в зависимости от назначения.

Галлий — очень рассеянный элемент. Основной источник производства этого металла — отходы алюминиевого и цинкового производств.

Индий уже был известен химикам, когда мир поразило гениальное открытие Менделеева. Этот металл был открыт в 1863 году немецкими



Он не будет наказан за свое любопытство

химиками Рейхом и Рихтером с помощью спектрального анализа. Название ему было дано по ярко-синей — цвета индиго — спектральной линии.

Первооткрыватели индия определили его атомный вес — 75,6, однако с этим не согласился русский ученый. Он переправил эту цифру на 113. Дальнейшие исследования подтвердили правоту Менделеева. Это было одним из первых творческих применений открытой Менделеевым периодической системы элементов.

Индий — мягкий металл, похожий по многим своим свойствам на галлий, только температура плавления у него повыше — 155 градусов, а

температура кипения пониже — 1450 градусов. На воздухе он устойчив, в воде медленно корродирует.

В последние десятилетия он начинает применяться все чаще. Производство его уже в 1942 году достигло 20 тонн (без СССР). Он используется для антикоррозионных покрытий высококачественных подшипников.

Можно изготавливать из индия и зеркала. Хотя этот металл и обладает меньшей, чем серебро, отражательной способностью, он, однако, не в пример серебру не тускнеет.

Мы уже говорили о легкоплавких сплавах, в состав которых входит и индий. Известен и его сплав с оловом (половина по весу — индий, половина — олово), применяемый в вакуумной промышленности, в лабораториях научно-исследовательских институтов. Этот сплав обладает редкой способностью смачивать стекло и поэтому применяется для спаивания стекол между собой или с металлами.

Добывают индий из отходов производства цинка и свинца.

Таллий, открытый в 1861 году англичанином У. Круксом, также получил имя по характерной для него зеленой линии спектра. Этот голубовато-серый металл, быстро тускнеющий на воздухе, более мягкий, чем свинец, также принадлежит к числу рассеянных элементов. Он ковок, имеет значительный удельный вес — 11,85 г на куб. см, плавится при 303 градусах, кипит при 1457 градусах. Уже на воздухе он тускнеет, покрываясь черной окисной пленкой, а при нагревании сгорает, образуя бурые пары.

Соединения таллия — сильные яды. Применение их против грызунов, начавшееся в 20-х годах нашего века, было и первым практическим применением таллия. Для этой цели, впрочем, они используются и сегодня.

Некоторые другие соединения таллия нашли себе место в фотоэлементах, при производстве искусственного стекла, в подшипниковых сплавах.

Главный источник добычи таллия — также отходы и полупродукты переработки сульфидных руд.

Кадмий — сосед индия в периодической системе, серебристо-белый металл, ковкий и тягучий, — был открыт в 1817 году немецким химиком Ф. Штрмейером. Именем его называли в древности руды цинка.

Кадмий плавится при 321 градусе, кипит при 767 градусах. На воздухе при обычных условиях не окисляется.

Кадмий входит в типографские сплавы, применяется для покрытия

железных и стальных изделий. Добавка этого металла к меди увеличивает ее прочность. Трамвайные провода, содержащие кадмий, меньше изнашиваются от трения дуги.

Используется этот металл и в щелочных аккумуляторах.

Добывают кадмий также из отходов цинковых руд. Содержание его там в среднем составляет 1 кг на 100 кг цинка. Значит, добыв 1 млн. кг цинка, можно получить 10 тысяч кг кадмия.

В 1959 году добыча кадмия в капиталистическом мире перевалила за 7 тысяч тонн.

Вот и все редкие и рассеянные металлы, о которых не рассказано в других главах.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во втором издании Большой советской энциклопедии, в 27-м томе, на стр. 261 помещена интересная таблица. В ней металлы расположены не по их атомным или удельным весам, химической активности или распространенности в природе. Нет, таблица показывает, когда какой металл (в чистом ли виде, в сплаве ли или соединении — безразлично) нашел себе практическое применение, пришел на службу человеку.

Вот первая графа этой таблицы. Она посвящена глубокой древности, тому времени, от которого лишь крохотные обрывки воспоминаний сохранились в памяти человечества. Весь период от тех затерявшихся в бездне времени дней, когда человек впервые поднял самородный кусок золота, до 3500 года до нашей эры, когда уже существовали могучие государства Двуречья и Египта, — период, затянувшийся на десятки тысячелетий, охватывает эта графа. За все эти тысячелетия человечество узнало всего шесть металлов:

железо, золото, медь, олово, свинец и серебро.

Следующая графа занимает значительно меньший период времени — всего три с половиной тысячи лет: от той крайней даты, на которой отсекла время первая графа, до начала нашей эры. Что ж, человечество ускорило свое движение по пути прогресса. К шести «первобытным» металлам оно прибавило десять новых:

висмут, калий, кальций, кобальт, магний, мышьяк, натрий, ртуть, сурьму и цинк.

Третья глава по охвату времени еще короче. Она оценивает период с начала нашей эры до XIX века. Сюда попадает страшный провал средних веков, когда мракобесие христианской церкви остановило всякое биение живой человеческой мысли, всякое движение вперед. И все же эти годы прибавили к используемым человеком металлам еще одиннадцать. Вот они:

барий, иридий, литий, марганец, никель, платина, стронций, торий, хром, цезий и церий.

Прошло меньше века. Следующая графа констатирует положение на начало XX века. Но каким стремительным стал темп развития человеческой культуры! Как много новых помощников понадобилось людям! Ведь за этот период человек призвал к себе на службу еще 15 новых металлов. Поистине эти немногие десятилетия несравненно вместительнее доисторических тысячелетий. Как длинен список этих ставших слугами человека металлов:

алюминий, ванадий, вольфрам, кобальт, магний, молибден, осмий, палладий, радий, родий, рутений, таллий, титан, уран и цирконий.

Не так уж много осталось в таблице Менделеева металлов, не нашедших применения. Но десятилетие между 1920 и 1930 годами находит применение еще одному металлу:

кадмию.

Следующее десятилетие — 1930—1940 годы — включило в круг используемых металлов четыре новых:

бериллий, индий, ниобий, тантал.

Можно подумать, что ученые и инженеры только и заботились о том, как бы найти дело еще какому-нибудь металлу. А ведь в действительности все обстоит наоборот. И ученые и инженеры стремятся, конструируя новую машину, агрегат, создавая новый прибор, в первую очередь обойтись уже известными материалами. И производство их уже налажено, и свойства испытаны — не подведут. И только когда старые материалы явно не удовлетворяют требованиям, они обращаются к новым. С препятствиями, мукой и сомнениями встречается человек каждый раз, когда приглашает к себе на службу новый металл.

Еще десятилетие — 1950—1960 годы. Еще пяти металлам нашлось применение. Вот они, новые металлы-труженики:

галлий, германий, кальций (металлический), нептуний, плутоний.

В предпоследней графе приводится список металлов, еще не имеющих применения. Авторы таблицы сочли необходимым предупредить, что они не отвечают за точность данных, сообщаемых в этой графе: ведь большинство сведений о применениях редких металлов является военными тайнами различных государств. Поэтому, может быть, и некоторые из металлов, которые приведены в этом списке бездельников, уже применяются. Впрочем, ведь даже если и не найдено им еще сейчас дело, оно

обязательно найдется в ближайшем будущем. Итак, вот «незанятые» металлы:

актиний, гадолиний, гафний, гольмий, диаспрозий, европий, иттербий, иттрий, лантан, лютеций, неодим, полоний, празеодим, протактиний, рений, рубидий, самарий, скандий, тербий, тулий, эрбий.

Многие из этих металлов принадлежат к редким землям, другие содержатся в земной коре в ничтожных количествах. Но все равно и им будет найдено применение, ибо каждый из металлов обладает каким-либо свойством, только ему принадлежащим, и это свойство будет разгадано и использовано людьми. Просто до них еще не дошла очередь.

Может быть, это именно вам, читатель, выпадет счастье поставить на службу человеку еще один из неиспользуемых металлов.

Ну, а чему же посвящена последняя графа таблицы?

В ней записаны те металлы, которые человек получил искусственно. Их, исключая нептуний и плутоний, следы которых можно обнаружить в урановых рудах, уже десять штук. Со времени выхода тома энциклопедии до появления этой книги их число увеличилось еще на два. Их уже вдвое больше, чем было перечислено металлов в первой графе этой таблицы. Здесь и заурановые элементы:

америций, кюрий, беркелий, калифорний, эйнштейний, фермий, менделевий,

и искусственно полученные элементы «пустых клеток» периодической системы:

астатин, технеций, франций.

Таблица не рассказывает многого: тончайших технологий, с помощью которых ухитряются ученые выделить из руд металлы, запрятанные природой за семь замков, тех применений, которые найдены новым металлам. Не рассказывает таблица и того, до каких цифр выросло производство разных металлов. И все же в ней отчетливо отражено все более стремительное движение человека по лестнице прогресса.

Человек — хозяин планеты. Мало того, это будущий хозяин Вселенной. Ему нужны материалы для горных комбайнов, прогрызающих ходы в черных недрах Земли, и межзвездных ракет, движущихся в пространстве, заполненном разреженнейшим газом. Ему нужны материалы для электронных вычислительных машин, функции которых подобны функциям развитого мозга, и сверхвысоких телевизионных антенн. И многие из этих материалов находит он и еще долго будет находить среди металлов родной планеты.

Ну, а если не найдет он нужного по своим высоким вкусам и требованиям материала, так сделает его сам. Он уже делает вещества, каких нет в природе, — их список слишком длинен, чтобы приводить здесь.

Человек все сможет, что найдет нужным сделать. Ведь нет предела ни его дерзанию, ни его возможностям!



СОДЕРЖАНИЕ

Вступление	3
I. „СВЕТАБЫЕ ТЕЛА КОТОРЫЕ КОВАТЬ МОЖНО...”	12—44
Восемьдесят братьев — 12 Сходства и различия — 17 Магнетизм — 24 Семьи металлов — 29 Спла- вы — 31 Изгнание примесей — 35 Сверхчистая сурьма — 38 Вне таблицы Менделеева — 42 Ха- рактеры и судьбы — 44	
II. ИЗЩЕДРЫХ НЕДР ПЛАНЕТЫ	52—82
Рождение руд — 52 Советский металл — 57 Со- кровищница Родины — 61 Кандидаты в руды — 62 От забоя до завода — 65 Руда становится бо- гаче — 70 Шахты или скважины? — 74 Цветники металлов — 77 Искусственная руда — 82.	
III. ГЛАВНЫЙ МЕТАЛЛ	89—131
На вес золота — 89 Путеводитель по чугунам и сталям — 91 Пути, ведущие к домне — 97 Драго- ценные шлаки — 108 Превращение в сталь — 111 Бессемер против мартена — 113 Сталь, рожденная молнией — 116 Новорожденный соперник — 118 Рожденная в вакууме — 119 Бесконечный сли- ток — 120 Ворота металла — 122 Великий ускоре- тель — 126 Разведчики идут в будущее — 128 Металлургический автомат — 131.	
IV. ПРОЧНОСТЬ	139—177
Испытание характера — 139 Металл работает ус- тает, ползет... — 142 Облагораживающие добав- ки — 149 В воде и огне закаляясь . — 153 Мартен-	

ситная броня — 157 Тепло открывает светофор — 160 Младший брат стали — 163 Бронированный металл — 167 Конструктор продолжает борьбу — 168 Рыжая смерть — ржавчина — 170 Как птица Феникс — 177.

V. В РУКАХ

ВЕЛИКОГО МАСТЕРА 184—220

Побежденная лава — 184 Литье вверх — 194 Металл подчиняется силе — 196 В кузнице — 201 Огонь старика Гефеста — 206 Изобретатели железного шитья — 207 Металл против металла — 216 Искра вместо резца — 220.

VI. КРЫЛАТЫЕ МЕТАЛЛЫ 231—274

Нет, не бедный родственник! — 231 Рождение в молнии — 234 Алюминий в сплавах — 241 Металлическая пена — 244 Соперник и союзник — 246⁴ Снова электролиз — 250 Его руду оправляют золотом — 251 Порошковая металлургия — 256 А нет ли других путей? — 262 Самый легкий — 264 Топливо межпланетных кораблей — 266 Поиски возможных соперников — 268 Продолжение поисков — 274.

VII. МЕТАЛЛ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

И ЕГО СОСЕДИ 280—306

Ее свойства — 280 Руды становятся беднее — 281 Кипящий слой — 284 От огарков к чистому металлу — 286 Латунь и бронзы — 290 Сосед и спутник — 294 Тоже не простые процессы! — 296 Монель-металл — 299 Трудные будни — 300 Сгорающий в электроток — 302 Металл консервной банки — 304 Экономить металл! — 306

VIII. ВИТАМИНЫ СТАЛИ 312—332

Горный гном — 312 Вечный спутник железа — 315 Кислоты теряют власть — 317 Не только для оружейных стволов — 319 Самый прочный, самый тугоплавкий — 321 Сосед «благородных» — 324 Секрет неутомимости — 325 Соперник железа — 328 Работа по совместительству — 332.

IX. ТОПЛИВО

ЯДЕРНЫХ

ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ 337—354

Тезка седьмой планеты — 337 Ядра атома — новое
горючее — 338 Вездесущий атом — 343 Между
ураном и свинцом — 344 Сбылась мечта алхими-
ков — 354.

X. ВЕЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ 362—379

Кровь и пот — 362 Самородное и рудное — 365
Чистота драгоценного сплава — 366 Желтый ме-
талл — 368 Купол Исаакиевского собора — 370
Соперник художников — 371 Устойчивее золо-
та — 374 Спутники платины — 376 Жидкий ме-
талл — 379.

XI. У НИХ ВСЁ ВПЕРЕДИ 388—407

Клубок загадок — 388 Между титаном и воль-
фрамом — 394 На границе с неметаллами — 400
Остатки рассеянных — 407.

Закключение 411

МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ВАСИЛЬЕВ **МЕТАЛЛЫ И ЧЕЛОВЕК**

*

Редактор **В. А. Голубкова**
Оформление и цветные иллюстрации
художника **А. А. Черномордика**
Черные рисунки художника **Г. С. Оганова**
Художественный редактор **Э. А. Розен**
Технический редактор **Н. П. Карасик**

*

Сдано в набор 25/V-61 г. Подписано к печати 15/XII-61 г. Формат бумаги 70×90¹/₁₆.
Физ. печ л 26,0+8 вклеек Усл печ л 31,05 Уч-изд л 27,7 Изд инд НЛ-50
А 10230. Тираж 13 000 экз. Цена 1 р 12 к в переплете Заказ № 530

*

Издательство «Советская Россия», Москва, проезд Сапунова, 13/15

*

Полиграфический комбинат Ярославского совнархоза, г. Ярославль, ул Свободы, 97.

1 р. 12 коп.

„СОВЕТСКАЯ РОССИЯ“