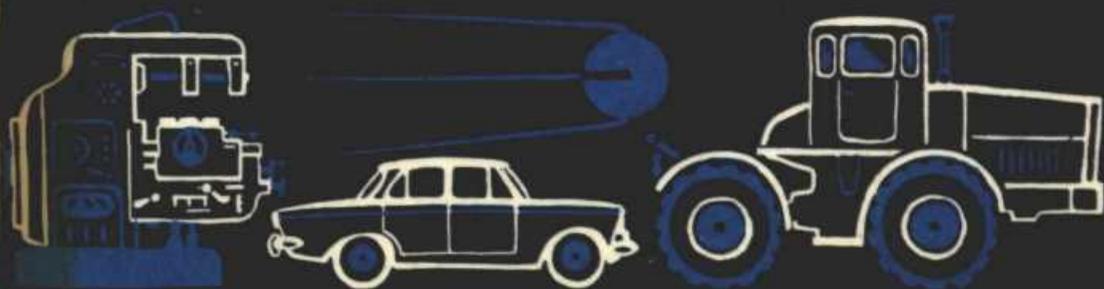


НА МЕЗЕНИН

ЗАНИМАТЕЛНО О ЖЕЛЕЗЕ



БИБЛИОТЕЧНАЯ СЕРИЯ

Н. А. МЕЗЕНИН
ЗАНИМАТЕЛЬНО
О ЖЕЛЕЗЕ

*Издание второе
дополненное и переработанное*

Оформление и иллюстрации художников

Б. Л. РЫТМАНА и О. М. ШУХВОСТОВА



Москва
«МЕТАЛЛУРГИЯ»
1977

Слово «железо» пошло от санскритского «джальжа», что означает «металл», «руда».

Научное название элемента произошло от латинского слова «феррум» — железо.

Железо — химический элемент VIII группы периодической таблицы Д. И. Менделеева с порядковым номером 26, атомной массой 55,85. Это блестящий с сероватым оттенком ковкий металл. Твердость по минералогической шкале 4.

С увеличением степени чистоты свойства железа значительно изменяются даже в области очень малых концентраций примесей. Температура плавления наиболее чистого железа 1534°C, температура кипения 3200°C, плотность 7,88 г/см³. Со мно-

гими металлами железо образует сплавы, хотя в некоторых совершенно не растворяется — например железо и свинец или висмут при смешивании образуют два жидких слоя, как вода и масло.

Сплавы на основе железа сочетают прочность, пластичность, способность превращаться в изделия любой формы и противостоять ударным нагрузкам, работать при очень низких и достаточно высоких температурах.

В книге описаны многие удивительные свойства железа. Читатель познакомится с металлургическими профессиями, узнает, как получают и обрабатывают сплавы железа и в каких областях современной техники их применяют.

ЛЮДИ ОГНЕННОЙ ПРОФЕССИИ



СОВЕТСКАЯ ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Советская черная металлургия — высокоразвитая отрасль промышленности, оснащенная современными мощными агрегатами, обеспечивает своей продукцией народное хозяйство страны и поставляет значительное количество сырья и материалов на экспорт. В начале 70-х годов советская металлургия вышла на первое место в мире по производству чугуна и стали.

Важное значение черной металлургии в экономике страны бесспорно. Нет такой отрасли народного хозяйства, которая не потребляла бы черные металлы. Среди главнейших потребителей этой продукции такие отрасли, как машиностроение, строительство и транспорт.

Доля черных металлов составляет более 96% во всем объеме потребления конструкционных материалов отраслями машиностроения. От роста производства металлов, расширения их ассортимента и улучшения качества во многом зависит расширение производства, ускорение технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства, повышение эффективности производства.

Среднегодовая численность рабочих и служащих в черной металлургии страны составляет около полутора миллионов человек. Этот «штат» отрасли занят на 316 предприятиях, обслуживая 132 доменные печи, 40 кислородных конверторов, 268 прокатных станов и другие агрегаты.

Ежегодно вводят в строй новые объекты.

Известно, что производство металлов — горячая и трудная работа. Но несмотря на это, многие молодые люди приходят в металлургию, а потом, став настоящими металлургами, испытывают гордость за свою нелегкую, но такую нужную людям работу.

Журналисты, описывая металлургическое производство, не забывают рассказать, как человек, буквально пальцем касаясь кнопки, управляет огромной печью высотой до 80 м. Нажимая на рычаги, наклоняет ковш, вмещающий до 300 т стали, и заливает сталь в изложницы. Хватает стальными руками десятитонные слитки и нагфавляет их в прокатные валки.

Все это на современном металлургическом заводе, конечно, есть. Но и нельзя забывать, что металлург имеет дело с горячим металлом, что его профессия не исключает тяжелого физического труда, необычных ситуаций, требующих мгновенной реакции нерешимости. Однако настоящего металлурга не пугают эти трудности. Ощущение собственного могущества в укрощении горячего металла в большой степени определяет романтику огненной профессии. Вся страна ежегодно отмечает День металлурга — в этом тоже дань уважения к нелегкому труду.

В старину говорили: «Человек неученый, что топор неточеный. Можно

таким дерево срубить, да трудов много».

Для облегчения трудов в своей работе и надо человеку приобрести профессию. Это значит получить подготовку к определенному виду трудовой деятельности, овладеть специальными трудовыми навыками и теоретическими знаниями.

Сколько же надо знать металлургу? Горняк и металлург XVI в. Г. Агрикола перечислял науки, знание которых необходимо для занятия горным делом и получения металлов. Среди них философия («дабы он мог знать происхождение и природу подземного мира»), медицина, астрономия, наука чисел и измерений, архитектура, рисование и вопросы права.

Вот чем определялся круг профессиональных знаний металлурга четы-

реста лет назад. Какие же знания требуются металлургу в наше время?

По словам министра высшего и среднего специального образования СССР В. П. Елютина, «особое внимание обращается на подготовку специалистов, обладающих не только общенаучными и производственными (практическими) знаниями, но и умеющих оценивать важность новых изобретений, открытий, организовать и осуществить их реализацию».

Металлургические учебные заведения готовят инженеров, техников и рабочих различного профиля по выплавке металлов и сплавов, по обработке их давлением, металловедению, термообработке металлов, литейному производству, экономике и организации производства.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОФЕССИИ

Квалифицированных рабочих для металлургической промышленности — горновых доменных печей, подручных сталеваров, вальцовщиков, плавильщиков выпускают профессионально-технические училища.

В 1975 г. в стране действовало 104 профессионально-технических училища, в которых обучалось более 40 тысяч будущих металлургов. Из них 34 училища выпускали высококвалифицированных металлургов со средним образованием. В черной металлургии ежегодно готовится около 9% новых квалифицированных рабочих от общего числа путем индивидуального и бригадного обучения и через курсовую сеть, организованную предприятиями. На заводах ежегодно повышают свою квалификацию, изучая передовые методы труда и новую технику, 250—300 тысяч человек.

Разные пути ведут в металлургическую профессию, имеются разные уровни квалификации. Соответственно существуют и различные формы подготовки к этим специальностям. Например, профессионально-техническое училище, техникум, институт. В профессионально-техническое учи-

лище можно поступить после восьмилетки. По уровню подготовки техническое училище приближается к техникуму и после окончания одного из этих учебных заведений можно продолжать образование и повышать квалификацию.

В области металлургии встречаются еще немало трудных проблем, в изучении и решении которых участвуют многие: ученые-исследователи, инженеры-изобретатели, рабочие-новаторы. Все металлурги должны вносить вклад в совершенствование своей отрасли техники.

Говорят, что самой лучшей профессией называют ту, которой посвящают все свои силы, энергию, знания. Авторитет профессии во многом зависит от того, как мы сами относимся к ней. «Если вы удачно выберете труд и вложите в него свою душу, то счастье само вас отыщет» — писал К. Д. Ушинский. Какой же металлургической профессии отдать предпочтение?

В современном производстве можно выделить три основные металлургические профессии: доменщик, сталеплавильщик и прокатчик. Они в свою

очередь делятся каждая на большое число специальностей.

Доменщик стоит у начала металлургического цикла. Он первым встречает огненные реки выплавленного чугуна и направляет их в огромные ковши. Прикрывая щитком лицо, человек повелевает здесь огненной стихией. Это красиво, увлекательно, но и ответственно, требует сильного характера, настойчивости.

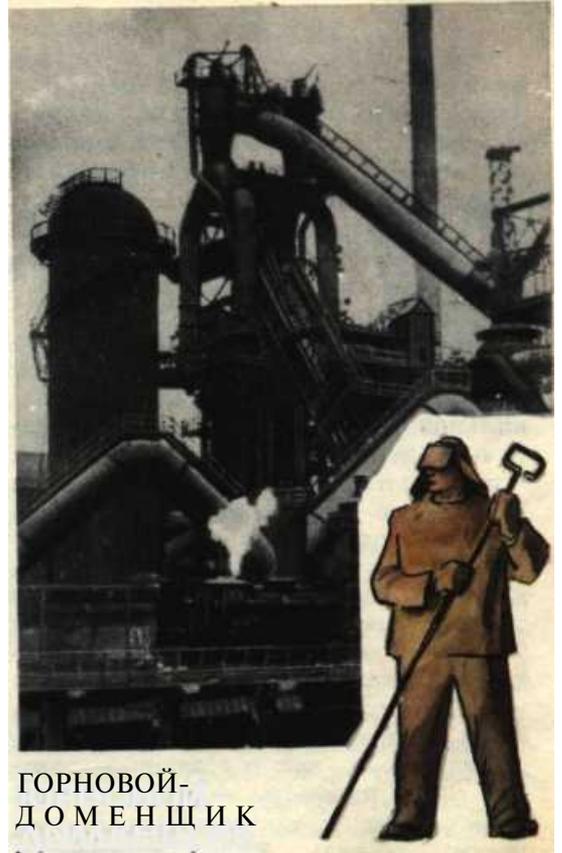
В доменном цехе есть разные специалисты — газовщики, горновые и водопроводчики, машинисты вагон-весов и рудных кранов, мастера, технологи. Но ведущим среди них является горновой — человек, который работает у горна, где накапливается стекающий сверху чугун. Чтобы стать горновым, нужно овладеть широким кругом технических знаний: изучить теоретические основы доменного процесса, химические и физические свойства чугуна и шлака, устройство доменной печи, оборудования и механизмов у горна.

Доменную печь в смене обслуживают несколько горновых. Старший горновой и его подручные перед выпуском плавки специальной электрической буровой машиной просверливают глиняную пробку в чугунной летке. Огненный ручей металла с шумом течет по литейному двору и с гулом падает в ковш. Сразу становится светло: тысячи искр поднимаются кверху, подобно салюту.

Продвигаясь между желобами, горновые «показывают» чугуну дорогу, разгоняют запруды. Когда же весь чугун вытечет, электропушка вновь забьет отверстие летки глиняной пробкой. Между выпусками горновые готовят площадку к приему следующей плавки, проверяют и обеспечивают исправность устройств и механизмов у горна, наличие заправочных материалов, инструментов, следят за приборами.

Сталевар и его подручные выплаляют сталь. От искусства отдельных мастеров к науке сталеварения — вот путь металлургии.

Личное мастерство сталевара и сейчас не утратило своего значения.



ГОРНОВОЙ-
ДОМЕНЩИК



СТАЛЕВАР

Пробу металла, взятую в печи, управляют пневматической почтой в экспресс-лабораторию для анализа. Но еще до лабораторного анализа опытный сталевар может определить, какая получается сталь — по тому, как кипит ванна, как выглядит проба на изломе, какие искры взлетают в момент, когда металл из пробной ложки сливается на плиту.

Множество контрольно-измерительных приборов следят за работой мартеновской и электросталеплавильной печей. Сталевар и его подручные должны понимать язык этих приборов и учитывать в своей работе. Подручные сталевары следят за правильностью завалки шихты, которую ведет машинист завалочной машины, заливают чугун, отбирают пробы, сливают шлак. Принимая участие во всех работах по обслуживанию печи, подручный постоянно учится — готовится к тому, чтобы стать сталеваром.

"Подручных, как и горновых, готовят как в профессионально-технических училищах, так и на металлургических заводах. Кроме профессии, молодой рабочий получает и среднее общее образование — основу для продолжения металлургического образования.

Конверторщик, первый и второй подручный — вот бригада, обслуживающая конвертор — наиболее экономичный агрегат для массового получения литой стали.

Распределение обязанностей здесь то же, что на мартеновской печи. Бригада следит за температурным режимом, плавкой стали, состоянием днища конвертора, отбирает пробы и т. п.

Конверторщики должны в совершенстве определять готовность плавки по цвету пламени и другим признакам, по внешнему виду жидкого чугуна узнавать его температуру, изучать контрольно-измерительные приборы и технологию выплавки стали.

Сварщик готовит слитки к прокату, нагревая их в нагревательных печах или колодцах до 1250°C. У поста управления блюмингом три машиниста: двое работают, третий — отдыхает. Работа напряженная до предела. Сидят они в мягких креслах: их руки находятся на рычагах управления, ноги — на педалях. Руки в непрерывном движении — они управляют прокаткой слитков. Прокатный стан обслуживает бригада, состоящая из старшего вальцовщика, вальцовщика, подручного вальцовщика. Они продолжают прокатку заготовок, полученных на блюминге. Прокатанный металл по рольгангам движется на склад, где его укладывают в штабеля при помощи кранов рабочие по уборке горячего металла.

В металлургии, как нигде в другой отрасли, все тесно взаимосвязано. Если сталеплавильщики не получат вовремя чугун от доменщиков, они задержат плавку, и прокатчики останутся без стальных слитков, что приведет к простоему стана. Вот почему знакомство с разными профессиями необходимо в целом для каждого металлурга.

Наша книга расскажет о том главном, чем связаны все металлургические профессии — о железе, металле, который добывают и обрабатывают металлурги всех специальностей. Словом «железо» обычно обозначают всю совокупность черных металлов, изделия из чугуна и стали. Человеку, выбирающему металлургическую профессию, надо знать побольше об этом металле, о том, что связано с его историей и производством, обработкой и использованием.

Читатель встретит в книге любопытные сведения о свойствах железа и его сплавов, узнает биографию железных вещей. Познакомится со старинными легендами о железе, с некоторыми новейшими профессиями, с его ролью в научно-технической революции, взглянет в будущее металлургии.

ЖЕЛЕЗО - ВСЮДУ!



... В ЖИВОЙ ПРИРОДЕ

В XIX в. француз Мери сделал сенсационное открытие — обнаружил железо в крови человека. Несведущие в медицине люди были поражены сообщением Мери. Кто-то даже предложил чеканить медали из железа крови знаменитых людей для увековечивания их памяти.

В истории медицины известен такой печальный случай. Один студент-химик решил подарить своей возлюбленной кольцо, сделанное из железа собственной крови. Выпуская время от времени кровь, он получил соединение, из которого химическим путем выделял железо. Юноша погиб от наступившего малокровия. Он так и не собрал нужного количества железа для изготовления кольца. Бедняга и не знал, что общее содержание железа в крови взрослого человека невелико и составляет в среднем 3—4 г, чего хватит разве что на два сапожных гвоздика.

Входя в состав гемоглобина, железо определяет красную окраску этого вещества и, следовательно, цвет крови человека и животных. Железо необходимо каждому из нас, поскольку оно участвует во всех окислительно-восстановительных процессах, происходящих в организме.

Железо поступает в организм с продуктами питания главным образом в виде животных белков. В день из организма выделяется 1 мг железа, столько же должно поступить. Однако организм усваивает обычно

не более одной десятой от принятого с пищей железа. Следовательно, суточная норма пищи должна содержать не менее 10—15 мг этого элемента.

Развитию железодефицитных анемий, в частности, способствует нерациональное питание: слишком долгое соблюдение щадящей диеты, увлечение «модными» разгрузочными днями, пристрастие исключительно к молочной пище, не всегда обоснованное ограничение мяса, яиц, овощей и фруктов.

Если обнаружен дефицит железа, восстановить его баланс можно, если правильно подбирать продукты питания.

Больше всего железа содержат печень, творог, дыни, яблоки, слива, абрикосы, тыква, томаты, картофель, ржаной хлеб.

На Филиппинах и в Пуэрто-Рико законодательным путем разрешен выпуск риса только с добавкой витаминов и железа. Такой же закон позже приняли в некоторых южных штатах США. Эти изменения приходится вносить из-за несовершенства круп в биохимическом смысле.

Недостаток железа в организме человека необходимо компенсировать лекарственными препаратами, содержащими соли органических кислот.

Примером «железного» лекарства можно назвать известную «настойку», для укрепления нервов», предложенную графом А. П. Бестужевым-



Рюминым в 1725 г. Препарат поэтому назывался бестужевскими каплями и содержал раствор хлорного железа в смеси спирта с эфиром. На свету эта жидкость обесцвечивается вследствие восстановления FeCl_3 в FeCl_2 — одна из первых фотохимических реакций.

Современная медицина может предложить много различных препаратов, содержащих легкорастворимые соединения железа. При малокровии, упадке сил, после инфекционных заболеваний применяются препараты железа — восстановленное железо, молочно-кислое закисное железо, углекислое закисное железо с сахаром, сернокислое закисное железо, таблетки Бло, настойку яблочно-кислого железа, железо-аскорбиновую кислоту и др.

В растительном мире роль железа не менее важна. Известно, что 99% живого веса растений составляет углерод, водород, кислород, кальций, магний, сера, железо, азот, фосфор и калий.

За исключением железобактерий, все живые организмы — от растений до человека — связывают вдыхаемый кислород в сложные соединения; в центре молекул этих соединений находится атом металла. Для растений — это атом магния, для животных — атом железа. Железо необходимо для образования хлорофилла, который обуславливает усвоение растениями углекислоты воздуха при помощи поглощаемой ими энергии солнечного света. Хотя железо не входит в состав хлорофилла, но без него этот пигмент не образуется.

Недостаток железа в почве вызывает железное голодание растений и заболевание — хлороз. Наиболее чувствительны к недостатку железа плодовые деревья — яблоня, груша, слива, персик, цитрусовые, а также малина, виноград и др. Применение комплексных препаратов, содержащих железо, способствовало существенному увеличению урожая яблок и других культур.

В конце XIX в. немецкий ученый Э. Лидге опубликовал исследование

о зависимости произрастания различных пород деревьев от содержания в почвах известных минералов. Э. Лидге отмечал, что в прирейнских провинциях залежи железа покрыты преимущественно березовым лесом, тогда как окрестности их, не имеющие железных руд, обрастают дубом, буком и другими породами. Ученый установил зависимость успешного роста известных пород деревьев от содержания тех или иных минеральных солей в почве.

О зеленых разведчиках земных недр, о растениях-рудознатцах было известно еще раньше. М. В. Ломоносов заметил, что растительность над рудными жилами изменяет свой обычный облик. Используя «ботаническую формулу» М. В. Ломоносова, геологи открыли месторождения меди в центре Казахстана.

В XVI в. использовали своеобразные геоботанические поисковые признаки на руды. Так, русским послам,

направляющимся в страны Западной Европы, еще при Иване Грозном и позднее часто поручалось наряду с дипломатическими заботами «промыслить трав, которые растут, где бывает серебряная руда».

Поиски руд по растениям теперь изучает специальная наука — биогеохимия. Таких «растений-геологов» известно более 40 видов. Добрым спутником залежей железных руд считают сосною, или горькушу — многолетнее травянистое растение, произрастающее в Средней Азии, Сибири, на Дальнем Востоке. Ученые также установили, что зола из листьев березы имеет бурый цвет, если та росла на железорудном месторождении.

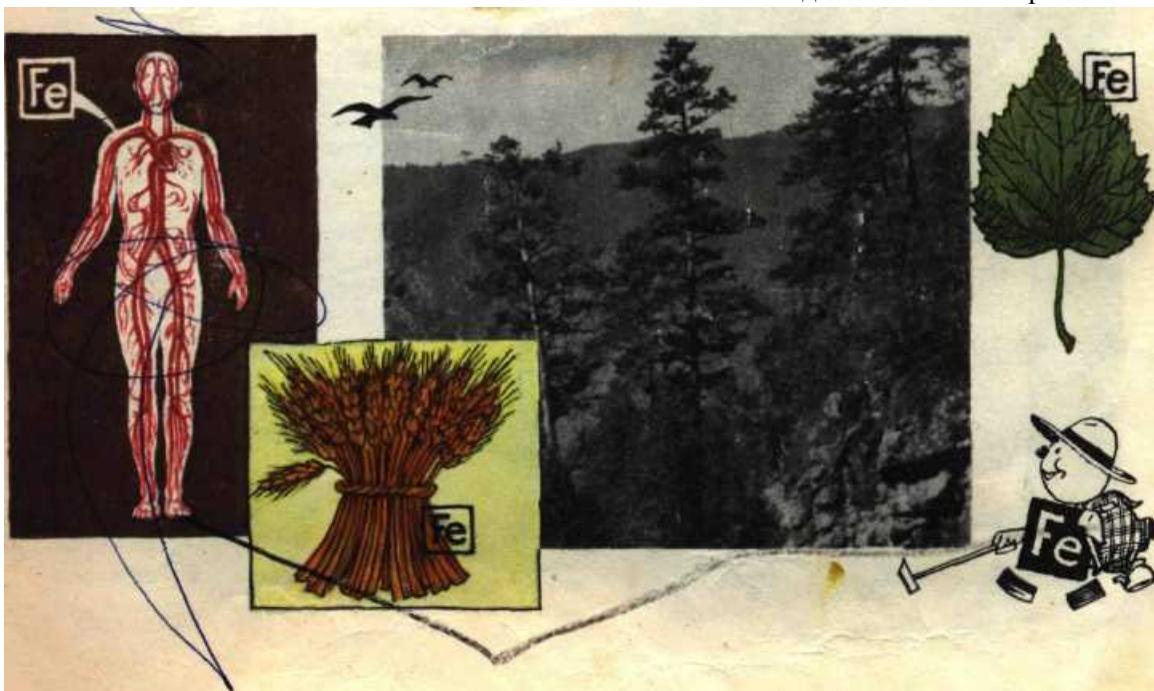
Металлы, попадая в растения, выбирают себе различные места. Алюминий чаще всего задерживается в корнях растений, молибден собирается в семенах, железо и марганец проникают в листья и хвою.

В МОРСКОЙ ВОДЕ И НА ДНЕ ОКЕАНОВ ^

Морскую воду иногда называют жидкой рудой: в ней содержится около 80 элементов. Если извлечь все железо, растворенное в морской воде, то его придется по 35 т на каждого жителя планеты. Много ли это? Судите

сами: за все существование человечества произведено около 6 т на каждого ныне живущего человека.

И все-таки концентрация растворенного в морской воде железа ничтожна мала. Однако многие морские





организмы являются сильными концентраторами химических элементов: если морская вода содержит до $5 \cdot 10^{-6}$ % железа, то в организмах же его в 10 000 раз больше.

В чем секрет столь удивительной способности морских организмов извлекать из морской воды различные вещества, ученым пока еще неизвестно.

Как ни велики минеральные ресурсы морской воды, наибольшее внимание ученых и инженеров привлекают сейчас минеральные богатства океанского дна. О богатых железо-марганцевых конкрециях на дне трех главных океанов мира известно еще со времен экспедиции английского корвета «Челенджер» в 1873—1876 гг. В последние годы после изучения возможности промышленной добычи конкреций интерес к ним возрос.

Типы железо-марганцевых отложений разнообразны, начиная с пятен и корок, распространенных повсеместно, включая осколки снарядов морских орудий, на которых слой толщиной нескольких миллиметров нарастает за десятки лет, и кончая гранулами и кусками размером с картофелину или пушечное ядро. Конкреции могут лежать на дне так близко одна от другой, что общая картина напоминает мозаику. Сплошная «мостовая» из кусков на плато Веййк занимает площадь 5000 км^2 .

Конкреции образуются в глубоких океанских впадинах, в мелких водах, заливах, морях и даже озерах. В центре обычно какой-либо посторонний материал, например зуб акулы, а вокруг этого ядра образуется конкреция путем нарастания концентрированных колец осадков. Спорен вопрос о происхождении конкреций. До сих пор отсутствуют доказательства участия биологических процессов в образовании их. Химики надеются, что детальное изучение условий формирования конкреций позволит со временем научиться ускорять их **рост** и сделать процесс их образования управляемым.

Конкреции состоят главным образом из гидратированных окислов

марганца и железа. Они обладают способностью концентрировать из морской воды такие микроэлементы, как кобальт, никель, цинк и свинец.

Считается, что в среднем в состав конкреций со дна Тихого океана входят 24,2% марганца, 14% железа, около процента никеля, полпроцента меди, 0,35% кобальта. Конкреции Атлантического океана содержат в среднем 16,3% марганца, 17,5% железа,

0,45% никеля, 0,2% меди, 0,13% кобальта.

Конкреции, содержащие до 20% марганца, 15% железа, по 0,5% никеля, кобальта и меди, имеются в морях, омывающих советскую территорию в Белом море, в северной части Баренцева моря, в Рижском и Финском заливах и в Аральском море.

Несомненно, минеральные подводные богатства станут основой океанской металлургии.

...В ЗЕМЛЕ

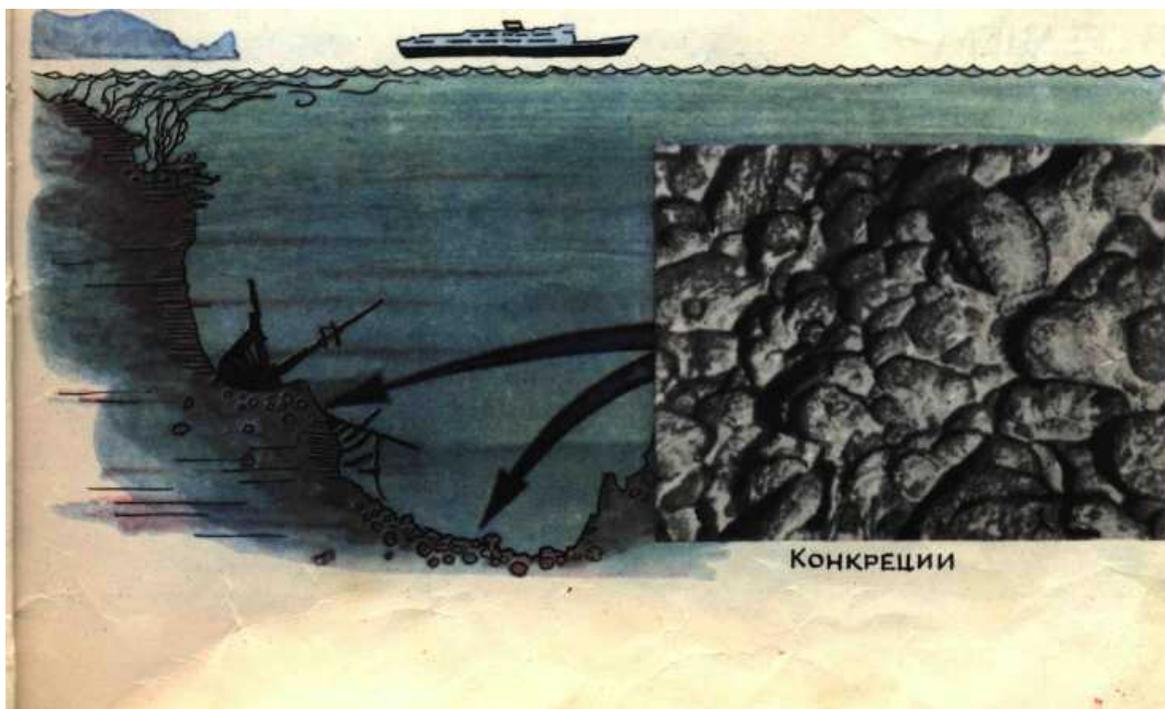
Относительно происхождения планеты Земля высказываются различные гипотезы, согласно которым первоначально химические элементы были распределены более или менее равномерно. Позже, в ходе длительного и постепенного развития, связанного с изменением температурных условий на Земле, произошло распределение химических элементов.

Явление рассеяния химических элементов наблюдаются, однако, и сейчас. «Какое бы земное вещество мы не взяли, — писал академик Л. С. Берг, — любой минерал, воду, воздух, — точный анализ показывает, что оно помимо легко определяемых анализом веществ всегда проникнуто огромным количеством раз-

розненных, не собранных в молекулы атомов».

Немецкие исследователи В. и И. Ноддаки показали, что для каждого элемента существует определенная концентрация («концентрация повсеместности»), ниже которой они содержатся во всех минералах. Для железа эта концентрация составляет 2,

Химическим составом Земли, законами распространенности и распределения в ней химических элементов, способов сочетания и миграции атомов в ходе природных процессов занимается геохимия. О строении, составе и свойствах Земли имеются лишь предположительные сведения, так как непосредственному наблюде-



нию доступна лишь верхняя часть земной коры.

Достижения науки еще в XVII—XVIII вв. позволили при помощи сейсмических методов определить массу и среднюю плотность Земли — $5,5 \text{ г/см}^3$. Однако плотность наиболее тяжелых пород на поверхности Земли не превышает $3,3 \text{ г/см}^3$, поэтому возникло предположение, что плотность Земли повышается при увеличении глубины.

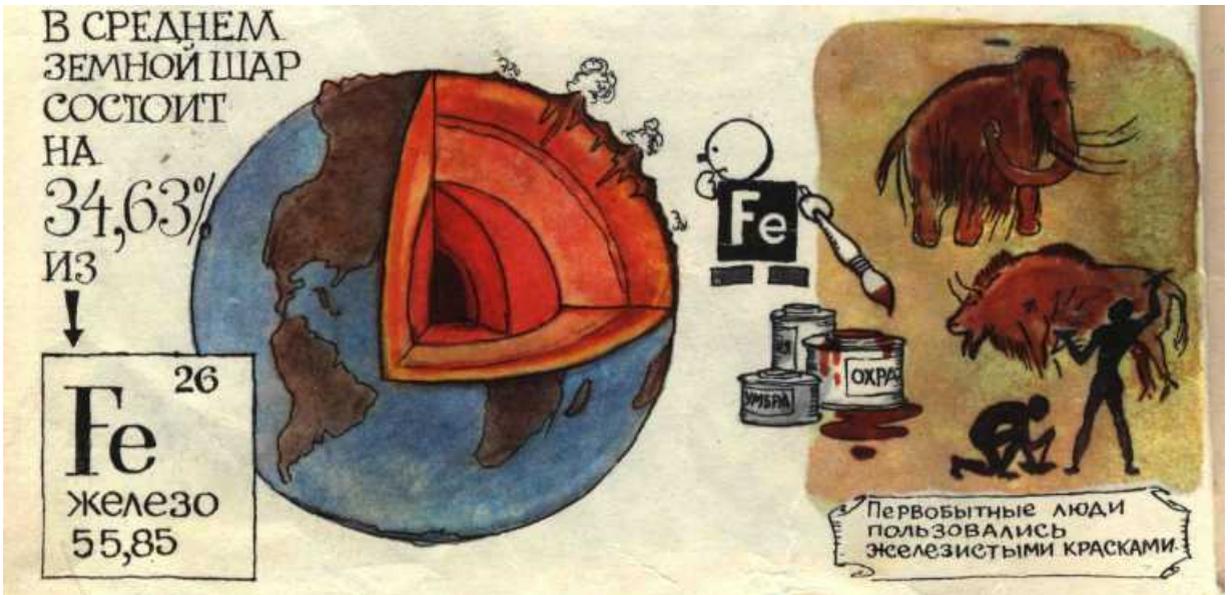
Находки железных метеоритов и популярные в прошлом теории о происхождении Земли из горячего вещества Солнца привели многих ученых к мысли о концентрации железа в центре Земли. Высказывания французского геолога А. Дебре (1886 г.) о железном ядре Земли вскоре получили поддержку со стороны специалистов по изучению колебаний земной коры — сейсмологов.

В 20-х годах XX в. норвежский геохимик М. Гольдшмитт и немецкий геофизик Г. Тамман доказывали, что первоначально в расплавленной Земле происходило разделение веществ по их плотности, как при плавке сульфидных руд. В ходе процесса появляются три слоя: шлак (силикатный слой), штейн (смесь сульфидов и металлов) и металл. По этой гипотезе в Земле выделились следующие слои: силикатный и сульфидный

(оболочка Земли) и металлический, состоящий из железа с примесью никеля (ядро Земли).

Гипотеза о железном ядре Земли была развита в начале XX в. в трудах немецкого сейсмолога Э. Вихерта. По его мнению, существование железного ядра позволяет объяснить тот факт, что средняя плотность Земли ($5,5 \text{ г/см}^3$) больше средней плотности горных пород, встречающихся у земной поверхности ($2,8 \text{ г/см}^3$). Это представление подтверждается большим содержанием металлического железа в метеоритах. Из этой гипотезы следует, что внутреннее ядро Земли состоит из затвердевшего железа — вследствие роста давления при меньшем градиенте температуры в ядре.

Если принять предположение о том, что поверхность внутреннего ядра разделяет твердое и расплавленное железо, то современные данные о фазовой диаграмме железа при высоких давлениях позволяют узнать температуру на границе внутри ядра, что очень важно для изучения распределения температур в недрах Земли. Эксперименты с ударным сжатием железоникелевого сплава подтвердили вывод теории конечных деформаций о том, что плотность чистого железа при давлениях, соответствующих земному ядру, прибли-



зительно на 8% больше плотности ядра.

Почти наверняка в ядре в качестве важной примеси присутствует металлический никель. Но его добавление не понижает плотность¹.

Австралийский исследователь в области физики твердой Земли Ф. Стейси считает, что средняя плотность Земли и внутреннее ее строение, по данным сейсмологии, хорошо согласуются с допущением, что Земля обладает жидким железным ядром с плотностью при нулевом давлении, равном 7 г/см³, окруженным твердой мантией из силикатов плотностью 3,3 г/см³.

Подтверждением этому может служить находка казахстанских геологов — обломков темной породы, найденных на земной поверхности. После комплексного исследования находки геологи пришли к выводу, что найденные куски породы находились в очень давние времена глубоко в недрах планеты. Эти образцы резко отличаются от окружающих горных пород. В них, например, выявлено повышенное содержание железа, магния, кальция, хрома, титана.

Ученые Академии наук Казахской ССР полагают, что более миллиарда

лет назад эта порода являлась частью древних геологических образований. Она претерпела глубокие изменения под действием огромного давления, превышавшего десять тысяч атмосфер, и высокой температуры (600—750°C).

Почему уникальные обломки оказались на земной поверхности? Ответ дает характер геологического строения районов, где они найдены. В тех местах расположены очень давние разломы земной коры, достигающие верхней мантии.

В процессе бурного тектонического движения блоков земной коры и были внесены к поверхности* горные породы, залегавшие на глубине в десятки километров.

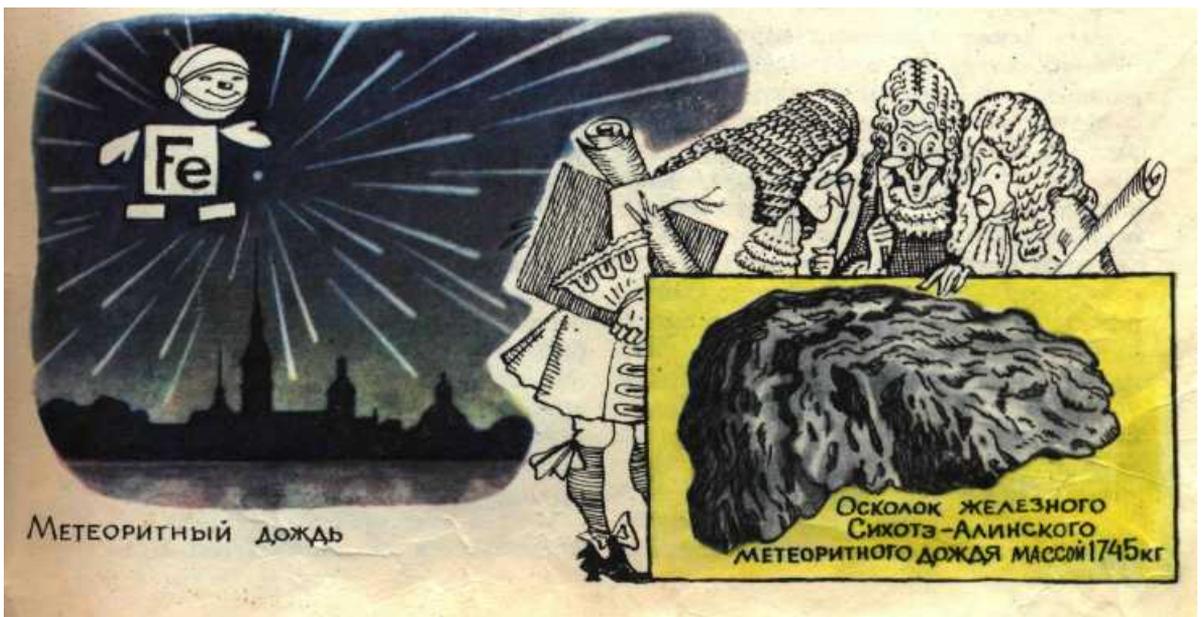
По современным представлениям в шестнадцатикилометровой толще земной коры содержится 4,5% железа.

В следующем слое, лежащем ниже земной коры, железа находится втрое больше — 13,5%; центр земного шара состоит из железа, никеля и кобальта.

В среднем земной шар состоит на 34,63% из железа. В составе Земли железо преобладает как по массе, так и по числу атомов.

Железо является важнейшей составляющей частью в строении нашей планеты.

¹Стейси Ф. Физика Земли. М., «Мир», 1972, с. 120.



... В КОСМОСЕ

Немецкий ученый Р. Бунзен и Г. Кирхгоф методом спектрального анализа с расстояния в несколько километров определили химический состав праздничного фейерверка. Этот метод был использован и для исследования космоса: в 1859—1860 гг. по линиям спектра в атмосфере Солнца обнаружили содержание нескольких элементов — натрия, кальция, магния и др.

Уже в первые годы развития спектроскопии ученые сопоставили теоретические сведения о химическом составе небесных тел с составом метеоритов — этих единственных в те времена образцов космического вещества на Земле. Исследование метеоритов значительно обогатило наши представления о телах космического происхождения.

Однако интерес к метеоритам появился не сразу. В конце XVIII в. венский профессор Штютц писал о таком случае: «Можно себе представить, что в 1751 г. даже самые просвещенные люди в Германии могли поверить в падение куска железа с неба — настолько слабы были тогда их познания в естественных науках... Но в наше время непростительно считать возможными подобные сказки».

Парижская Академия наук на одном из заседаний в 1790 г. приняла решение не рассматривать впредь сообщений о падении камней на Землю как о явлении невозможном. Во многих музеях метеориты изъяли из коллекций, чтобы «не сделать музеи посмешищем».

Петербургский академик Паллас, путешествовавший в 1772 г. по Сибири, увидел в Красноярске удивительную глыбу из железа и камня. Этой находкой заинтересовался немецкий ученый Э. Хладни, член-корреспондент Петербургской Академии наук. В 1794 г. в Риге Э. Хладни издал сочинение «О происхождении куска железа, открытого Палласом, и о некоторых, находящихся в связи с этим

явлениях природы». Хладни впервые правильно объяснил образование этой глыбы и развил теорию космического возникновения метеоритов и их возгорания при попадании в земную атмосферу. Фактов о падении метеоритов накапливалось все больше, и с 1803 г. Парижская Академия наук, наконец, признала «небесные камни».

Сейчас во всем мире зарегистрировано около 2000 метеоритов. На территории СССР до лета 1976 г. было собрано 150 метеоритов. Юбилейный, 150-й метеорит массой 351 г был представлен в Комитет по метеоритам АН СССР летом 1976 г. В коллекции Академии наук СССР имеется более 350 отечественных и зарубежных метеоритов.

Все метеориты подразделяются на три основных класса: железные, железно-каменные и каменные. В среднем из шестнадцати упавших метеоритов один железный. Каждый железный метеорит содержит 91% железа, до 8,5% никеля и другие элементы. Метеориты двух следующих классов содержат от 1 до 50% железа. Метеориты весят от долей граммов до десятков тонн.

От железного метеорита трудно отделить хотя бы небольшой кусок для лабораторных исследований.

Однако люди еще в далекой древности пытались использовать метеоритное железо. Есть сведения, что в древности использовали железо с упавших метеоритов для изготовления оружия, орудий труда, а также в ювелирном деле. Нелегкий это был материал. Как-то бухарский эмир приказал своим лучшим оружейникам отковать ему меч из куска «небесного железа». Но сколько они не бились, ничего не вышло. Нагретое железо не поддавалось ковке, что характерно для никелистого метеоритного железа. Оно куется только холодным, а в нагретом состоянии хрупко. Эмир казнил неудачников.

И все-таки рассказывают, что у древнеримского царя Нумы Помпи-

лия (VII в. до н. э.) железный щит был изготовлен из камня, «упавшего с неба». Для властелина одного индийского княжества Джехангира в 1621 г. удалось изготовить две сабли, кинжал и наконечник пики из метеоритного железа. Шпаги Александра I и Боливара, героя Южной Америки, были сделаны из космического железа.

Известны и другие факты. Полярная экспедиция Росса в 1818 г. обнаружила, что эскимосы Баффиновой Земли делали в то время ножи и наконечники гарпунов из железа, отделяемого ими с большим трудом от крупного метеорита, лежащего на берегу бухты Мельвиль.

Один исследователь сообщал, что он видел в Аргентине большой метеорит, первоначальный вес которого составлял у5 т. Не меньше чем в шести местах этот метеорит имел следы отделения от него местными жителями больших кусков железа.

В Мексике найден крупный метеорит со щелью длиной в 9 см, в которой сохранился застрявший сломанный конец медного лезвия. Он попал туда, очевидно, при попытке туземцев добыть кусок столь нужного металла.

Сейчас метеориты — ценнейший объект для научных исследований. Сведения, получаемые при их изучении, оказались необходимыми астрономам, геологам, физикам, конструкторам космических кораблей.

Прежде всего состав метеоритов свидетельствует о единстве материального мира. По присутствующим радиоактивным элементам определяется возраст метеоритов — около 4,5 млрд. лет, что примерно соответствует возрасту Земли и подтверждает предположение о том, что метеориты возникли в солнечной системе.

Как отмечал академик А. Е. Ферман, «метеориты в своем составе как бы продолжают ряд изменений земных пород с глубиной и являются как бы дальнейшими, более глубинными породами, которые нам пока не известны». На основании подобных заключений ученые считают, что ка-



менные метеориты являются образцом вещества нижних зон каменной оболочки Земли толщиной 1200 км. Предполагают, что оболочка толщиной 1700 км состоит из вещества железо-каменных метеоритов, а центральное ядро — из вещества железных метеоритов. В литературе по геохимии приводится вероятный состав ядра Земли: 90,7% железа и 8,5% никеля, что вполне соответствует составу железных метеоритов.

Сколько же всего падает на Землю железа из космоса? Исследования ученых показали, что на поверхность Земли выпадает куда больше космического вещества, чем считалось раньше, — свыше миллиона тонн в год. За миллиарды лет толщина выпавшего на Землю слоя космического вещества должна составлять минимум несколько километров. Теперь же этот слой уже мало заметен, ибо успел смешаться с веществом плане-

ты. Эти данные приводились на состоявшемся в Киеве (1972 г.) симпозиуме «Космическое вещество в земной коре».

Выпадение космического вещества еще не означает, что масса Земли сейчас увеличивается, хотя это не исключено. Выяснено, что скорость вращения нашей планеты вокруг оси замедляется на 0,001 с за миллиард лет. В то же время Земля постоянно теряет часть своего вещества в космическое пространство в виде газообразных элементов и различных химических соединений.

На основе изучения метеоритов ученые пытаются решить вопросы происхождения и образования химических элементов в космических телах. Современная астрофизика установила относительную однородность химического состава известной части Вселенной. В общей массе вещества около 90% составляет водород. Металлы, стоящие в таблице Д. И. Менделеева вблизи железа, составляют 0,5%. Спектр Солнца, например, изобилует линиями, принадлежащими парообразному железу.

Изучение образования химических элементов имеет большое практическое значение: знание процесса синтеза химических элементов в природе позволит людям добиться их осуществления сначала в лаборатории, потом — и в производственных условиях.

Ученые установили закономерности первоначального образования многих элементов. Наибольшая вероятность и распространенность тех или иных ядерных реакций связана с изменением температуры звезд. На первой стадии наибольшее значение для энергетического баланса звезд

имеет превращение водорода в гелий; на более поздних стадиях при других температурных условиях — превращение гелия в углерод и кислород, затем — преобразование этих элементов в наиболее устойчивый — железо. Химический состав Вселенной свидетельствует о том, что она находится в начале своего пути от водорода к железу.

По теории эволюции планет, предложенной Рингвудом, вещество планет земной группы находится на разных стадиях окисления, причем на Марсе практически все железо осталось в окисленном состоянии и поэтому не отделилось от силикатов. Большое содержание окислов железа в мантии Марса, по-видимому, явилось причиной того, что поверхность «красной планеты» имеет ржавый оттенок. Рингвуд считает, что Венера тоже более окислена, чем Земля, но менее, чем Марс.

Исходя из факта различной плотности планет земной группы (более близкие к Солнцу состоят из более плотного вещества), Юри предполагает, что в них содержание железа выше. Вероятное содержание железа (по Юри): на Луне около 10%, на Марсе около 26%, на Земле и Венере около 30%, на Меркурии около 57%*.

Таким образом, железо занимает в природе особое место. Довольно сложное атомное ядро железа имеет большую прочность, чем и объясняется наибольшее количество в природе именно железа. Не только кора Земли, но и атмосфера Солнца и звезд состоят в основном из железа с примесью легких элементов.

* Вуд Дж. Метеориты и происхождение солнечной системы. М., 1971, с. 127.

О СВОЙСТВАХ ЖЕЛЕЗА



ЕСТЬ ЛИ ЧИСТОЕ ЖЕЛЕЗО?

В книге профессора В. С. Меськина о производстве высококачественной стали можно прочесть: «Технические свойства химически чистого железа еще неизвестны, так как до сих пор химически чистое железо не получено даже в лабораториях». Удивительно, не правда ли? В мире ежегодно производится сотни миллионов тонн стали и, оказывается, люди не могут увидеть чистого железа.

Многие полученные ранее данные о структуре и свойствах железа и его сплавов устарели, так как были определены на недостаточно чистых образцах. Механические, электрические и химические свойства чистейшего железа отличаются от свойств технического железа. Поэтому металловедам очень важно получить чистейшие металлические кристаллы и исследовать их свойства. Сейчас закладываются основы металловедения железа и стали особо высокой чистоты, что бесспорно отразится на развитии других областей техники. Профессор Е. М. Савицкий прав, говоря, что вся новая техника построена на вновь определенных свойствах материалов.

Изучая чистое железо, выяснили, что оно имеет хорошие магнитные свойства. Магнитная проницаемость чистого железа в 50 раз выше, чем обычного технически чистого железа, содержащего около 0,665% примесей. Коэрцитивная сила (способность быстрого размагничивания) ниже,

чем у технически чистого железа. Это объясняется тем, что коэрцитивная сила изменяется при малейших искажениях кристаллической решетки, вызываемых примесями. Чистое железо обладает очень высокой стойкостью против коррозии. Другие свойства с увеличением чистоты железа изменяются значительно слабее.

Говоря о чистом железе, интересно отметить, что, кроме самородков золота и платины, встречается в природе и самородное железо. Оно упоминается в «Словаре коммерческом» В. Левшина (1789 г.): «Так называется железо, совсем приуготовленное природою в недрах земных и совсем очищенное от веществ посторонних столько, что можно из него ковать без переплавки всякие вещи. Г. Руель получил через Восточно-индийскую компанию кусок такого самородного железа из Сенегала, где находится оно в превеликих глыбах. Сей ученый химик ковал оно в прутки и нашел, что оно без переплавки на всякую поделку способно. В Сибири во многих местах находят самородное железо».

Крупное скопление самородного железа в 1870 г. было найдено в Ови-факе, на южном берегу о. Диско в Западной Гренландии. Оно залегало в базальте, извергнутом через залежи каменного угля в виде блесток, зерен и иногда мощных глыб. Здесь встречалось также природное «сварочное железо» и «натуральная сталь».

В природе есть еще два весьма редко встречающихся естественных железоникелевых сплава — аварюст (FeNi₂) и жозефинит (Fe₃Ni₃), которые найдены в виде гранул и мелкой гальки. Самородное железо встречается очень редко и потому практического значения не имеет. В отличие от метеоритного железа, всегда содержащего сравнительно много никеля, самородное содержит не более 2% никеля, иногда до 0,3% кобальта, около 0,4% меди и до 0,1% платины, оно обычно очень бедно углеродом.

Однако при известных условиях происходит и образование самородного чугуна, например вследствие контакта раскаленного углерода с железной рудой и получающимся из нее сплавом. В 1905 г. русский геолог А. А. Иностранцев обнаружил в районе Русского острова на Дальнем Востоке небольшие пластообразные скопления самородного чугуна, находящегося на глубине 30—40 м под скальными породами морского берега. В извлеченных через буровую скважину образцах чугуна оказалось около 3,2% углерода, 1,55% кремния, 0,66% марганца.

Образование самородного железа в земной коре связано с процессами

застывания магм. Выделяется оно из окислов или сульфидов железа в результате восстановительных процессов, протекающих при содержании в магме углерода. Поэтому вместе с самородным железом находят минерал когенит — железоникельный карбид (FeNiCO)₃C. По мнению А. А. Иностранцева, самородный чугун с Русского острова образовался в результате извержения огненно-жидкого потока горной породы — кварцевого порфира на поверхность обнаженных слоев каменного угля, среди которых имелось несколько слоев железной руды. В присутствии этой естественной шихты >под влиянием высоких температур и без доступа воздуха произошло выделение из каменного угля углеводородов и окиси углерода. Эти соединения химически взаимодействовали*4 со слоями железной руды, превращая их в массу чугуна.

Какая же все-таки степень чистоты железа достигнута в наши дни? В наиболее чистом, карбонильном железе содержится всего 0,00016% примесей. Много ли это? В известной железной колонне в Дели, славящейся чистотой железа, примесей содержится 0,28000%, т. е. в 1750 раз больше.

КРИСТАЛЛ Д. К. ЧЕРНОВА

Знаменитый русский металлург Д. К. Чернов (1839—1921 гг.), основоположник металловедения железа, занимался разработкой теории и строения стального слитка. С этой целью он собирал коллекцию железных кристаллов. Лишь редкие кристаллы, найденные им в слитках, достигали длины 5 мм, большинство же имело длину до 3 мм и ширину 1—1,5 мм. Встречались иногда хорошо развитые кристаллы с очень тонкими очертаниями, но таких малых размеров, что четко они были видны лишь при увеличении в 100—150 раз.

Наиболее ценным в этой коллекции был знаменитый «кристалл Д. К. Чернова». История этого уникального кристалла такова.

Капитан морской артиллерии Берсенев, посланный в Англию приемщиком на большой металлургический завод, нашел огромный кристалл в груде стального лома шихтового двора. Как удалось выяснить, кристалл вырос в 100-тонном слитке стали. Администрация завода охотно отдала кристалл Берсеневу, а тот подарил его своему учителю Чернову, который тщательно исследовал уникальный кристалл. Масса его оказалась 3 кг 450 г, длина 39 см, химический состав: 0,78% углерода, 0,255% кремния, 1,055% марганца, 97,86% железа.

Меньший отросток этого двойного кристалла, разрезанный на несколько частей, был всесторонне исследован

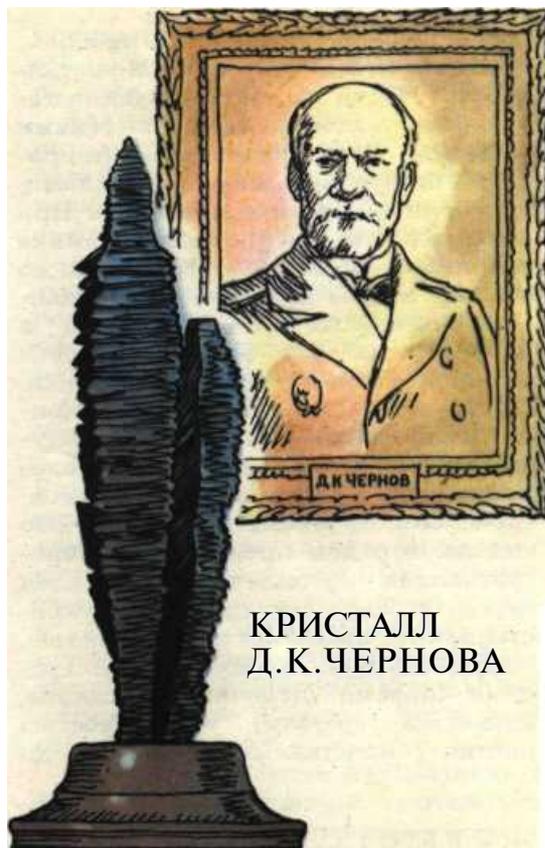
не только Д. К. Черновым, но и другими металловедцами. Кристалл послужил объектом для дальнейших исследований и научных докладов Чернова и других русских и иностранных ученых. Теперь он находится в Военно-инженерной академии им. Дзержинского в Москве.

И в наши дни находили кристаллы-гиганты. Однажды токарь металлургического комбината им. Серова, обрабатывая прокатный вал, увидел в усадочной раковине отливки огромный иссиня-черный металлический кристалл. Он напоминал по форме дерево с разветвленной кроной. Новый «кристалл Чернова» был высотой около 400 мм.

Современное металловедение не ограничивается исследованием найденных кристаллов, а ищет способы их получения искусственным путем. К настоящему времени уже разработаны методы выращивания монокристаллов практически всех металлов и многих сплавов. Именно в монокристаллическом состоянии выявились новые свойства привычных нам металлов—железа, вольфрама, никеля, молибдена. Оказалось, что чистые монокристаллы обладают хорошими физическими свойствами. Например, монокристаллы железа высокой чистоты приобретают высокую пластичность вплоть до температур жидкого гелия (-269°C).

Особенно привлекают внимание так называемые металлические «усы» — тончайшие нитевидные кристаллы, всего в несколько микрон толщиной, но с высокой прочностью. Путем восстановления из хлористого или бромистого железа ^ыли выращены «усы» этого металла длиной до 10 см и диаметром от 0,5 мкм до 1 мм. Предел прочности таких железных усов составляет $1200\text{--}1300\text{ кгс/мм}^2$, в то время как сталь с прочностью на разрыв $150\text{--}200\text{ кгс/мм}^2$ считается высокопрочной, а сталь с прочностью более 200 кгс/мм^2 —сверхпрочной.

Нитевидные кристаллы железа обладают и другими интересными свойствами. Коэрцитивная сила их составляет 500 Э, в то время как у лучших



КРИСТАЛЛ
Д.К. ЧЕРНОВА

магнитных сплавов 250 Э, а у чистого железа 1 Э. При окислении в потоке чистого кислорода за 100 мин на нитевидных кристаллах окисленный слой составляет 1 мкм, а у обычного железа за 20 мин слой — 4,5 мкм.

Прочность нитевидных кристаллов зависит от их размеров. Чтобы прочность была значительно выше обычной, нужно брать кристаллы диаметром менее 10 мкм. Эта зависимость была доказана на примере нитевидных кристаллов железа.

Поэтому практически использовать огромную прочность усов можно пока только в особых случаях, например, можно изготовить пряжу или ткань для специальных целей. Однако роль монокристаллов в современной технике растет. Они находят все новые области применения. Вот один пример.

Получение огнеупорных материалов, обладающих высокой устойчивостью в расплавах металлов и шла-

ков, — одна из важнейших проблем, стоящих перед современной металлургией. Один из путей создания таких материалов найден советскими учеными. Они предложили армировать огнеупоры монокристаллами, полученными в виде порошков. При добавлении к огнеупорной керамике таких порошков (10—20% общего объема) можно получить армированные материалы со стойкостью в пять—восемь раз выше стойкости обычной неармированной керамики.

Для специальных приборов и конструкций используют не только полуфабрикаты из металлических монокристаллов в виде ленты, прутков, проволоки, но и сами кристаллы. Это связано с рядом преимуществ монокристаллов тугоплавких металлов перед соответствующими полукристаллами: высокой пластичностью, совместимостью с различными средами (парами щелочных металлов, ядовитым горючим), устойчивостью против рекристаллизации вплоть до

температур плавления, высокой стабильностью структуры и свойств при различных внешних воздействиях (облучении, термоциклировании), высокой сопротивляемостью ползучести до температур плавления.

Так возникла идея изготовить изделие из целого кристалла. Например, прочность и жаростойкость турбинных лопаток определяют боевые качества самолетов и экономичность энергетических систем. В жаропрочных сплавах, из которых лютуют обычно лопатки, самым уязвимым местом являются границы между зернами. Специальный литейный процесс с направленной кристаллизацией позволил получить лопатки из одного кристалла — они выдерживают вдвое больше тепловых ударов, чем обычные.

Теперь монокристаллы уже не лабораторная редкость. Учитывая потребности многих отраслей техники, растет промышленное получение монокристаллов.

ЖЕЛЕЗО — МАГНИТ ^

Все металлы в той или иной степени способны намагничиваться. Однако наиболее сильно подвержены этому только четыре чистых металла: железо, никель, кобальт и гадолиний.

Хорошо намагничиваться могут многие сплавы этих металлов: сталь, чугун и другие, получившие название ферромагнитных сплавов.

Способность притягиваться магнитом и самому быть магнитом — одно из удивительных свойств железа. Явление магнетизма известно с глубокой древности. Само слово происходит от названия горы Магнезии в Малой Азии, около которого существовало богатое месторождение магнитного железняка. Практическое применение магнетизма получил значительно раньше, чем началось его научное исследование. Мореходы Китая и Греции, а затем Карфагена и Рима пользовались компасом с магнитной стрелкой.

Явление магнетизма с давних пор вызывает интерес. В старинной книге «Зрелище природы и художеств» (1784 г.) удивлялись: «Чудно, как магнит сообщает железу оную силу притягивать или подымать другое железо».

Мыслители древности изучали таинственные свойства магнитного камня. Еще тогда пытались найти ему практическое применение, например для лечения людей. Врачи рекомендовали магнит не только для наружного, но и для внутреннего употребления.

Научное изучение магнетизма началось с изготовления магнитов. В 1755 г. швейцарский ювелир Дитрих впервые изготовил подковообразный магнит. Электромагнит с железным сердечником изобрел в 1823 г. самоучка, сын английского сапожника В. Стерджен. Его магнит состоял из одного слоя голого медного провода, навитого на лакированный железный

сердечник. Американец Дж. Генри усовершенствовал магнит, навив на железный сердечник провод и несколько слоев вместо одного. Генри, изолировал сами провода вместо того, чтобы лакировать сердечник. Навивая на каркас все больше слоев проволоки, Генри делал более мощные электромагниты. В 1831 г. он изготовил электромагнит, который мог поднимать 300 кг.

Широкое практическое применение электромагниты нашли в XX в. Размеры их, вернее сила притяжения, постоянно увеличивались.

Сейчас самый большой магнит массой 36 000 т и диаметром 61 м используется в синхрофазотроне Объединенного института по ядерным исследованиям в Дубне, мощность его 680 эВ. Только масса меди его катушек — 600 т!

А вот в Серпуховском синхрофазотроне мощностью 70 млрд. эВ масса магнитной системы на 16 000 т легче дубненской, однако она обладает большей эффективностью. Это достигнуто в результате улучшения характеристик магнитного поля. Стальные листы, составляющие сердечники 120 электромагнитов, располагались таким образом, чтобы усреднить свойства металла разных плавок. Если бы серпуховский более мощный синхрофазотрон строили по

принципу старого дубненского, то на его магниты потребовался бы миллион тонн железа!

Явление магнетизма широко используется в современной технике, в первую очередь в электротехнике, радиотехнике, приборостроении, автоматике и телемеханике, где из ферромагнитных материалов изготовляют магнитопроводы генераторов, моторов, трансформаторов, реле магнитных усилителей, элементов магнитной записи.

Современная металлургия производит различные магнитные материалы с особыми магнитными свойствами. Разработаны различные методы изготовления этих материалов подбором химического состава, режимов термообработки и специальных физико-химических методов очистки (отжиг в вакууме, в атмосфере водорода и т. п.). Все магнитные материалы разделяются на магнитно-мягкие и магнитно-твердые. Сплавы этих классов содержат железо.

К магнитно-мягким материалам относят ферромагнитные материалы, которые намагничиваются и переманчиваются в относительно слабых магнитных полях. К ним относят армо-железо, электротехнические стали, сплавы пермаллой (45, 68 и 78,5% никеля, остальное железо), алсифер (5% алюминия, 10 % крем-



ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЭЛЕКТРО- МАГНИТ



ния и остальное железо), пермендюр (кобальт и железо), ферриты и другие.

К магнитно-твердым материалам относят ферромагнитные материалы, в которых процессы технического намагничивания и перемагничивания возможны лишь в сравнительно сильных магнитных полях. К этим материалам, используемым для изготовления постоянных магнитов, относят магнитные стали (углеродистые, вольфрамовые, хромовые, кобальтовые), тонкие порошки ферромагнетиков (железо, железо-кобальт и другие), высококоэрцитивные сплавы: алии (24% никеля, 13% алюминия, 4% меди, остальное железо), викалой (52% кобальта, 12% ванадия, остальное железо), кунифе (60% меди, 20% никеля, остальное железо), ферроплатина (78% платины и 22% железа) и другие.

В современной промышленности широко используют электромагнитные плиты для перемещения металла в виде слитков, блюмов, чугуна и стального литья. Электромагнитные плиты надежно работают и при перевозке горячего металла (до 800°C). Грузоподъемность плит достигает 65 т. Каждый килограмм массы современного сверхпроводящего магнита создает магнитное поле, равное по силе полю двадцатитонного электромагнита с железным сердечником.

Магнитными «руками» пользуются в самых различных областях техники. Например, в пять-восемь раз сокращается вспомогательное время при работе на металлорежущих станках, если для крепления деталей вместо тисков использовать магнитные плиты и патроны, выпускаемые Читинским станкостроительным заводом.

Но в технике нередко требуются и немагнитные металлы. Многие детали приборов должны быть изготовлены из немагнитного материала. Ранее для этой цели применяли цветные металлы — латунь, бронзу, иногда — прочную сталь. Однако известно, что железо утрачивает магнитные свойства лишь выше точки Кюри



СИНХРОФАЗОТРОН



МАГНИТОФОН

(770°C). Это явление открыл Гильберт в 1600 г., обнаружив исчезновение магнитных свойств у стали при температуре красного каления. Лишь в 1924 г. в Англии был запатентован немагнитный чугун, который совершенно не притягивался магнитом. В США его производили под названием «Номаг», и он явился ценным электротехническим материалом. Сплав имел высокое содержание никеля и марганца и был очень дорог.

В 1930 г. И. А. Одинг (завод «Электросила») запатентовал немагнитный чугун с пониженным содержанием никеля и марганца (до 4% никеля и до 3% марганца). Но из-за снижения содержания марганца для получения немагнитных изделий приходилось подвергать их закалке при температуре более 1000°C в воде. Усложнение технологии мешало распространению нового чугуна.

В. С. Меськин и Б. Е. Сомин в результате исследований в одном из институтов металлов нашли оп-

тимальный состав немагнитного чугуна без никеля. Чугун получали простым и дешевым способом. В 20-х годах XX в. была получена и немагнитная сталь. Железо при температуре более 910°C перестает быть магнитным. Это связано с переходом железа на гамма-железо. Присутствие углерода ускоряет этот переход и при содержании в железе около 1% углерода получается сталь, которая теряет свои магнитные свойства при 700°C. Если добавить в сплав третий элемент, способный образовать твердый раствор с гамма-железом, то гамма-железо сохранится и при комнатной температуре. Таким элементом является, например, марганец: с добавкой его можно получить немагнитную сталь. В индукционных электропечах из немагнитной стали изготовляют каркас, в котором размещаются индуктор и тигель. На Уралмаше в 1971 г. получили 50-т слиток немагнитной стали для отковки ротора турбогенератора.

«РЖА ЕСТ ЖЕЛЕЗО»

Так народная пословица кратко определила еще одно свойство железа, отнюдь не украшающее его.

Коррозия — это самопроизвольное разрушение металла, вызываемое химическими или электрохимическими процессами, развивающимися на его поверхности при воздействии с внешней средой. Обычно металл активен к различным химическим воздействиям со стороны коррозионной среды — атмосферы, воды, газов. Коррозия металла становится причиной досрочного выхода из строя деталей, оборудования и целых сооружений. Известно, что ежегодно вследствие коррозии в мире выбывает из фонда годного около 100 млн. т проката черных металлов. В результате значительно сокращается срок эксплуатации оборудования.

Люди издавна интересовались вопросами защиты металла от коррозии. Древнегреческий историк Геродот (V в. до н. э.) и древнеримский уче-

ный Плиний Старший (I в. н. э.) упоминает о применении олова для защиты железа от ржавчины. Средневековые алхимики мечтали о получении нержавеющей железа.

Защита металла от коррозии сейчас осуществляется различными способами: снижением агрессивности коррозионной среды (удалением из состава среды агрессивных составляющих или добавлением веществ, замедляющих коррозию — ингибиторов); повышением коррозионной стойкости металла путем его легирования; нанесением на поверхность металла различных защитных пленок, лаков, красок, эмалей и т. п.

Даже высококачественные легированные стали нестойки в особо агрессивных средах ряда химических производств. В этом случае приходится применять специальные покрытия. Так, ученые полтавского научно-исследовательского института «Эмальхиммаш» создали новое стек-



локристаллическое покрытие. Оно показало высокую стойкость и способность «работать» при более высокой, чем металлы, температуре.

Агрессивные химические вещества быстро разрушают лопасти смесителей, создающих однородную среду в реакционных емкостях. Польские специалисты разработали способ предохранения лопастей от износа. Очищенную деталь помещают в литевную форму, а затем заливают жидким металлом с высоким сопротивлением к коррозии и истиранию. Образовавшаяся твердая «скорлупа» надежно защищает мягкий металл лопасти от повреждений. Этот слой значительно увеличивает срок службы смесителей, тем более, что сработавшую «скорлупу» можно заменить новой.

Большим достижением в защите от коррозии явилось создание нержавеющей стали. В результате снижения содержания углерода в нержавеющей стали до 0,1% стало возможным изго-

товление из нее листового проката. В 1923 г. впервые получили наиболее типичную нержавеющую сталь — хромоникелевую, марки 18-8 (18% хрома и 8% никеля).

Первые тонны нержавеющей стали в нашей стране выплавляли в 1924 г. на заводе «Электросталь» и Златоустовском заводе. В 1928 г. в Златоусте выплавляли уже десятки тонн стали. Была сделана попытка выплавить нержавеющую сталь в мартеновской печи.

Разрабатываются и внедряются в производство новые марки нержавеющей стали. В качестве нержавеющих теперь применяют медистые, никелевые, хромистые, кремнистые, хромоалюминиевые и другие стали. Постоянно ведутся поиски новых сплавов.

Коллектив лаборатории качественных сталей ЦНИИЧермета им. Бардина, возглавляемый профессором С. А. Голованенко, создал большой ассортимент нержавеющих сталей. Это и сплавы на железохромоникелевой основе, и особо коррозионностойкие никелевые, легированные молибденом и вольфрамом, и другие. Только за девятую пятилетку разработано более 20 марок коррозионностойких сталей и сплавов, из которых 10 широко применяют в народном хозяйстве. Листам и пруткам из нержавеющей экономичной стали и никельхромомолибденового коррозионноустойчивого сплава, созданным в институте, на заводе «Электросталь», «Запорожсталь» и Ашинском металлургическом, присвоен государственный Знак качества.

Технический способ получения нержавеющей стали из... старых автомобилей предложили специалисты Комиссии по атомной энергии США, где ежегодно скапливаются горы автомобильного металлолома. К металлолому добавляют окись железа и никель, затем смесь нагревают в атмосфере аргона до температуры 1650° С в течение одного часа. За это время смесь расплавляется, никель растворяется, а содержание углерода снижается до заданного. Далее в печи

создают вакуум, чтобы испарить медь и олово. И, наконец, печь опять наполняют аргоном, и к смеси добавляются хром. В результате получается нержавеющая сталь высокого качества.

• Чудесные свойства нержавеющей стали открывают ей доступ во все отрасли промышленности, транспорта, строительства. В США нержавеющую сталь давно применяют для изготовления пассажирских вагонов.

В Милане появились автобусы, многие элементы кузова которых сделаны из нержавеющей стали. Из нее изготовлены боковые и задняя стенки кузова, обтекатель и крыша специальной конструкции. Повышенная прочность нержавеющей стали позволила использовать для крыши стальные листы на четверть тоньше обычных. Это привело к уменьшению массы автобуса, снизило расходы топлива. Антикоррозионные свойства не-

ржавеющей стали продлили срок службы машины.

Двенадцать турбин для Асуана построил Ленинградский металлургический завод им. Кирова. Впервые в истории мирового гидротурбостроения рабочие колеса турбин мощностью по 175 тыс. кВт каждое в соответствии со специфическими условиями эксплуатации были выполнены из нержавеющей стали. Диаметр каждого колеса 7,5 м, масса 140 т. 600 т весит сердце генератора — ротор, сделанный на ленинградском заводе «Электросила».

Проблемная лаборатория металловедения УПИ под руководством заведующего профессора И. Н. Богачева создала рельсы из нержавеющей хромистой стали. Стойкость их в среде очень агрессивных подземных вод медных и угольных шахт может быть в 50—100 раз выше, чем из углеродистой стали.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ СТАЛИ _Б

Сталь — сплав железа с другими элементами: углеродом, кремнием, марганцем, серой и фосфором. Это известно нам сейчас. Однако люди научились получать и использовать сталь гораздо раньше, чем узнали ее состав. Египтянам, например, еще до нашей эры известно было, что некоторые сорта железа при погружении в нагретом состоянии в воду «принимают закалку», другие — не принимают. Свойство стали «принимать закалку» и служило потом долгие века единственным признаком для разграничения железа и стали.

Были попытки и теоретических объяснений. Ученые древности полагали, что сталь образуется в результате очищения железа. Даже в XVIII в. встречались еще такие высказывания: «Железо есть металл не-совершенный... Вероятно составлен он из собственной ему земли и горючего вещества и есть самый твердый и упругий металл, когда бывает без примеси... Когда он будет доведен до того, что никакой в нем не останется

примеси и излишняя извлечется горючесть, тогда называется сталью».

Французский ученый Реомюр в 1722 г. высказал мысль, что железо и сталь отличаются друг от друга по химическому составу только присутствием какой-то примеси, названной им летучей солью, которая и определяет различие их свойств. Пятнадцать лет спустя химик Базен в одной из своих статей заявил, что сталь является чем-то средним между чугуном и железом. Но лишь в 1814 г. немецкий исследователь К. Карстен указал, что такой примесью является углерод. Наконец-то была доказана единая материальная природа всех железоуглеродистых сплавов — чугуна, стали и железа. Только во второй половине XIX в. выработалось в основном верное представление о железе.

Появление в XIX в. новых областей применения металла — машиностроения, железнодорожного строительства — потребовало более точных представлений о качестве металла.

Для этого определяли химический состав железных руд, шлаков и различных железоуглеродистых сплавов. Постепенно выяснилось более точно влияние на углеродистое железо примесей — кремния, марганца, серы, фосфора и других.

П. П. Аносов впервые занялся систематическим изучением влияния различных элементов на сталь. Он исследовал добавки золота, платины, марганца, хрома, алюминия, титана и других элементов и первым доказал, что физико-химические и механические свойства стали могут быть значительно изменены и улучшены доавками некоторых легирующих элементов. Ученый заложил основы металлургии легированных сталей.

Замечательное свойство железа — давать сплавы с различными элементами и при этом проявлять новые качества — широко используется в современной технике. Сейчас насчитывается более 8000 отдельных сплавов, обработка которых дает десятки тысяч марок сталей самого различного назначения. Созданы самые удивительные марки стали: «деревянная» и свинцовистая, алмазная и мягкая, графитизированная и аномальная, платинистая и серебряная. О некоторых из них мы расскажем.

В старину пытались получать стали с добавками благородных металлов

Так, в 1832 г. сообщалось, что в Австрии из серебряной стали делают уже «бритвы, которыми многие похваляются, особенно потому, что они не так скоро тупятся».

В 1825 г. в России были описаны опыты по сплавлению стали с платиной на Гороблагодатских казенных заводах. Шесть фунтов стали расплавили в тигле с восемью золотниками очищенной платины. Жидкую массу вылили в чугунную форму и быстро охладили в холодной воде. «По разломе стального бруска сталь оказалась весьма однородной сыпи и столь мелкой, что простыми глазами невозможно было усмотреть ее слоения. Будучи выточена и закалена без отпуска, она резала стекло, как алмаз, рубила чугун и железо, не притупляясь».

Позже нашли более дешевые и широко распространенные легирующие элементы, дающие много лучшие результаты. Например, в сплаве платины нет платины, а содержится 48% никеля, 0,15% углерода и остальное железо. Сплав имеет такой же коэффициент теплового расширения, как стекло, поэтому применяется для замены платиновых вводов в электролампах. Сплав ковар (29% никеля, 18% кобальта) имеет коэффициент линейного расширения такой же, как молибденовое стекло, и предназна-



ется для спайки с этими стеклами, давая прочное и совершенно газонепроницаемое соединение.

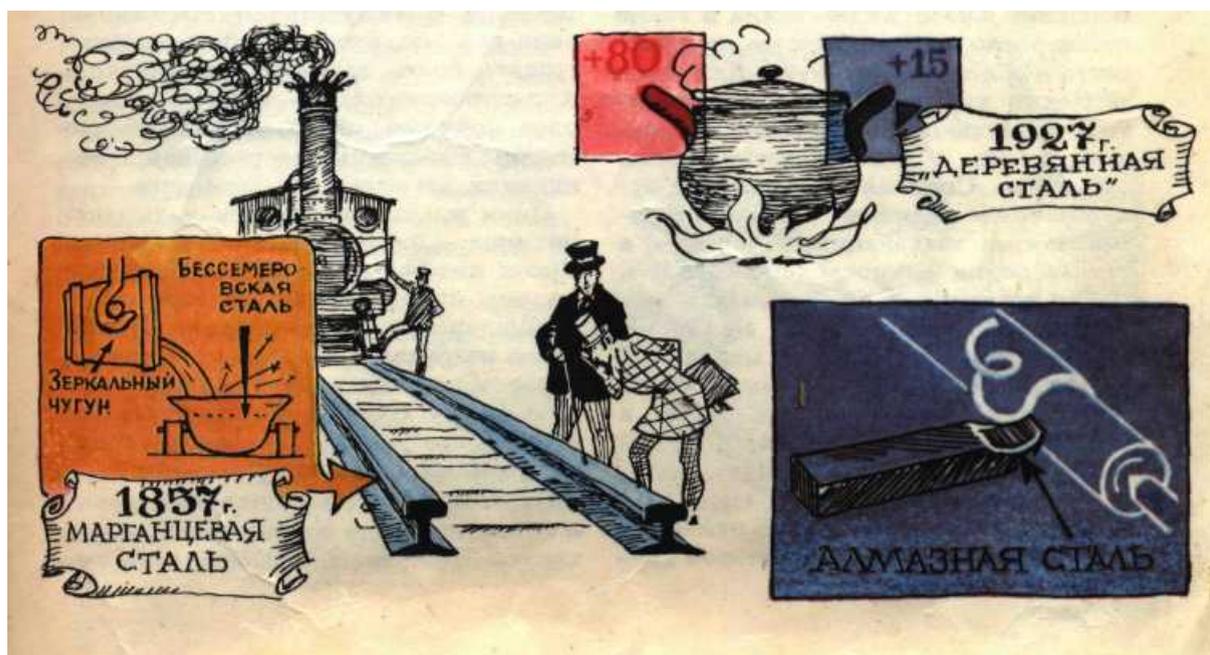
В 1927 г. в Берлине на большой выставке материалов показывали небольшую кастрюльку с двумя ручками из разных материалов. В ней кипела вода и одна из ручек, сделанная из железа, была горячая. Другая ручка была теплой, подобной дереву. Ручка была сделана из так называемой деревянной стали, в состав которой входили 35% никеля, 1% хрома и 64% железа. Называлась она так потому, что в отношении проводимости тепла была подобна дереву. Эта сталь относится к прецизионным сплавам, свойства которых достигаются только при совершенно точном составе. Малейшее отступление от рецепта вызывает потерю этих свойств.

Автором одного из таких сплавов явился швейцарский физик и метролог, ставший затем директором международного бюро мер и весов, профессор Ш. Гийом. В 1898 г. Ш. Гийом определил зависимость физических свойств стали от содержания в ней никеля. Оказалось, что сталь, содержащая более 25% никеля, при нагревании теряет магнитные свойства; сталь с 36% никеля имеет минимальный коэффициент линейного расширения (в десять раз меньше, чем у

платины). Никелевый сплав, состоящий из 36% никеля и 64% железа, Гийом назвал инваром, что значит неизменяемый. В пределах температур от -60°C до $+100^{\circ}\text{C}$ инвар имеет тепловое расширение, близкое к нулю. Впервые сплав применяли для изготовления эталона длины дуги земного меридиана на о. Шпицберген, определенной русско-шведской экспедицией в 1899 г. Несмотря на значительное изменение температуры воздуха при этих измерениях, длина линейки из инвара оставалась практически неизменной.

Замечательные свойства инвара позволили применять его в измерительной технике и приборостроении, в частности в вакуумной технике для спайки с различными сортами стекла. Из инвара изготавливают также вставки для разрезных алюминиевых поршней, чтобы уменьшить их тепловое расширение и устранить заедание в цилиндре при работе двигателя.

«Алмазной сталью» названа легированная инструментальная сталь марки ХВ5, содержащая 1,25—1,45% углерода, 0,4—0,7% хрома и 4—5% вольфрама. Сталь такого состава имеет очень высокую твердость, близкую к твердости алмаза. Ее применяют для снятия тонкой стружки с твердых материалов (отбеленного чугуна, стекла и др.).



Для легирования сталей обычно мало использовать какой-либо один элемент. Стали с новыми свойствами создаются при комплексном использовании нескольких элементов. Нередко вновь полученный в промышленных условиях элемент находит свое первое практическое применение именно в металлургии.

Редкий элемент цирконий по своему влиянию на сталь подобен ванадию. Его присутствие в стали способствует удалению газов. Сотые доли процента циркония придают броневым плитам высокую прочность. Циркониевые стали отличаются большой пластичностью, они выдерживают высокие температуры, легко свариваются. Вот почему цирконий вводится в состав специальных сталей — броневых, оружейных, нержавеющих и жаропрочных.

Использование редкоземельных элементов выходит из стадии лабораторных исследований. На практике чаще используются смеси этих элементов, например мишметалл, в основном содержащий церий — до 65%. Уже десятые доли процента мишметалла а рафинируют сталь от серы и газов, повышают, предел текучести металла, что облегчает его обработку. При этом резко увеличивается вязкость стали, ее жаропрочность и возрастает сопротивление коррозии. Введение 0,03% мишметалла в такие стали резко увеличивает их пластичность и облегчает прокатку. Для изготовления хирургических инструментов специального назначения используют сталь с 6% редкоземельных элементов. Специалисты считают использование редкоземельных элементов самым выдающимся успехом в сталеварении за последние полвека.

Для создания сталей новых марок используют и необычные элементы, например азот. Газы в металле — всегда нежелательная примесь, снижающая качество металла. А вот в Институте электросварки им. Е. О. Патона АН УССР в плазменной печи, где расплавляется металл, специально нагнетается азот. После охлаждения получается сталь, о которой дав-

но мечтали машиностроители: жаропрочная, устойчивая к воздействию кислот и щелочей. Азот превращается в полезный элемент: в результате образования нитридов ванадия, титана, молибдена происходит измельчение зерна. Применение азота позволило сократить добавки никеля и совсем не использовать ферросплавы.

Одной из последних новинок в мире сплавов является аморфная сталь, созданная японскими специалистами. Удалось получить в твердом виде аморфный металл, т. е. без кристаллической структуры. Для этого смешивают железо или никель (90%) с фосфором и углеродом, кремнием, алюминием и бором. Смесь нагревают до 1200° С. Затем сплав очень быстро охлаждают, подвергая вращению со скоростью 5000 об/мин. «Суперсталь» во много раз тверже известных сталей и обладает высокой химической стойкостью. Новую марку стали можно применять на атомных электростанциях, в приборах для исследования моря, в химической аппаратуре.

В создании наиболее сложных сплавов и сталей участвуют прежде всего электрометаллургии. Они ведут плавку в электропечах наиболее совершенным процессом из ныне существующих для массового получения литой стали. Электропечь емкостью 100—200 т обслуживают сталевар и один-два подручных. Возможность создать более высокие температуры в электропечах (2500—3000° С) позволяет получать стали и специальные сплавы с высоким содержанием тугоплавких легирующих элементов.

Один из таких сплавов называют нитинол — никелевотитановый сплав. Кусок нитинола нагревали, придавали ему определенную форму, затем охлаждали и сплющивали. Потом снова нагревали. И сплав магическим образом принимал свою первоначальную форму, с высокой точностью повторяя все изгибы и закругления, полученные при первом нагреве.

Первые «самодвижущиеся» сплавы изготавливали на основе цветных металлов. Но ученые ЦНИИчермета им.

Бардина решили поискать подобные сплавы среди черных металлов. И они нашлись!

Доктор физико-математических наук Е. З. Винтайкин со своими помощниками получили сплав марганца с добавкой меди. Сплав в работе демонстрирует свою «мускулатуру». На конце тонкой пружинки — двухсотграммовая гиря. Включали ток, пружина нагревалась и внезапно поднимала груз. Отключали ток — гиря вниз, включали — снова вверх и так многократно. А нитинол только раз можно заставить «самопроизвольно» принять заданную форму.

«Запоминающие» сплавы теперь не редкость, с ними работают, изучают их новые свойства. Интересные опыты, например, проводились центром ядерных исследований, находящимся в Швейцарии. Установлено, что металлы и в первую очередь их сплавы как бы «запоминают» те нагрузки, под действием которых они находились.

Указанные исследования констатировали, что временные нагрузки, вызывающие в металле те или иные напряжения, после снятия их оставляют в металле какие-то «следы», и металл постепенно суммирует их. Оказалось, что наиболее легко металлами воспринимаются и прочно «запоминаются» нагрузки, «перенесенные» ими при очень высокой температуре. Постепенное накапливание «запомнившихся и забытых» напряжений может привести металл к состоянию, когда общая, суммированная степень всех ранее им перенесенных нагрузок превысит какой-либо определенный нагрузочный потенциал для данного вида материала и данного изделия.

Английские инженеры-металлурги сообщили о создании «немых» сплавов, надеясь на их широкое распространение в будущем. В качестве примера приводят сплав, содержащий 70% марганца и 30% меди. Колокол, отлитый из него, не звенит. От такого колокола, конечно, мало радости. А вот если подобный «беззвучный» сплав использовать для



рельсов и вагонных колес? При помощи таких сплавов, по прочности не уступающих малоуглеродистой стали, можно значительно уменьшить шум в цехах и на улице. Если таким сплавом покрыть отбойный молоток, то шум при его работе будет напоминать звук трактора, работающего на расстоянии четверти километра от наблюдателя. Получено уже несколько разновидностей «беззвучных» сплавов. Так, американские специалисты разработали сплав—смесь меди, марганца и алюминия. После специальной термической обработки в сплаве звук преобразуется в тепло, сплав становится отличным поглотителем шума. Из этого материала можно изготавливать стены домов и перегородки внутри квартир.

Оригинальную марку «мягкой» стали создали специалисты Научно-исследовательского института металлургического завода в г. Челябинске. Добавки свинца и селена делают металл мягким, легко обрабатываемым. По другим качествам он не уступает обычной стали, зато производительность труда станочников при обработке деталей повышается на 25—50%. Служба инструмента увеличивается.

Прозрачную нержавеющую сталь начали выпускать на металлургическом заводе «Меллори» (США). Пропуская свет, она совершенно не

пропускает воду. Однако листы, изготовленные из этой стали, скорее напоминают сито, чем стекло: на просвет можно увидеть множество крохотных отверстий (десять тысяч на один сантиметр поверхности), полученных электрохимическим способом.

На заводе сталь новой марки получают непрерывной прокаткой. Сталь хорошо сваривается, паяется, легко обрабатывается на станках. Помимо прозрачности, она обладает еще способностью исключительно хорошо поглощать шумы. Столь неожиданное свойство, по мнению специалистов, позволит использовать ее для изготовления кожухов турбореактивных двигателей. Однако наиболее перспективное применение дырчатой стали — полости для сыпучих материалов. Продувая сквозь поры воздух, можно заставить муку, цемент, угольную пыль течь, подобно жидкости. Разгрузка железнодорожных вагонов с днищем из такой стали, приспособленных для перевозки порошкообразных материалов, значительно упростится. Ожидается также, что новинка будет широко использоваться в строительстве и для декоративной отделки.

При помощи верных спутников железа, или, как их еще называют, витаминов металла, создаются новые удивительные стали и сплавы.

ИЗ ИСТОРИИ ЖЕЛЕЗА



ДОРОЖЕ ЗОЛОТА

«В бою железо дороже золота» — гласит татарская пословица. И русские говорили: «При рати железо дороже золота. Железом и золото добуду»-

Имеются веские доказательства того, что было время, когда железо ценилось дороже золота.

В Египте в период Древнего и Нового царства железо первоначально применялось в основном для ювелирных изделий — амулетов и украшений. Еще в XIV в. до н. э. железо здесь считалось драгоценным металлом и из него, как и из золота, изготавливали украшения. Железо наряду с золотом и серебром входило в состав дани, которую платили покоренные народы Ассирии в IX в. до н. э.

Известно, что женщины многих африканских племен носили на руках и на ногах железные кольца. Жены богатых людей носили на себе иногда чуть ли не целый пуд таких украшений. Невеста одного из негритянских племен Западной Африки так нагружалась железными украшениями, что не могла двигаться без посторонней помощи.

Г. В. Плеханов в своем трактате по теории искусства дает объяснение приведенным фактам: «Почему же негритянке приятно таскать на себе подобные цепи? Потому, что благодаря им она кажется красивой и себе и другим. А почему же она кажется красивой? Это происходит в силу до-

вольно сложной ассоциации идей. Страсть к таким украшениям развивается именно у тех племен, которые... переживают теперь железный век, то есть, иначе сказать, у которых железо является драгоценным металлом»¹.

Туземцы Африки и островитяне экваториального пояса почти до середины XIX в. считали железо дороже всех металлов

Английский мореплаватель XVIII в. Джеймс Кук рассказывал, что на всех островах Полинезии, известных ему, любимым подарком для жителей было железо. Спутники Кука говорили, что за один крупный гвоздь туземцы охотно давали несколько ярдов местной ткани, а за десяток железных костылей моряки получали десять свиней. Кук приводит пример, как один из вождей на о. Таити, имея два гвоздя, получал за них довольно значительный доход. Он ссужал эти гвозди своим соплеменникам для пробития отверстий в тех случаях, когда другим способом сделать это не удавалось,

Даже в конце XVIII в. русский просветитель В. Левшин писал в своем «Словаре коммерческом»:

«Если бы цена вещей определялась по их полезности, железо должно бы считаться быть драгоценнейшим из металлов, нет художества, ни руко-

¹ Плеханов Г. В. Литература и эстетика. Т. 1. М., 1958, с. 10.

месла, в котором не было бы оно необходимо, и надобно бы целые книги наполнить одним описанием таких вещей».

Ф. Энгельс отмечал, что с распространением железа значительная часть человечества вступила в последний период первобытной истории.

ПОЧЕТНАЯ ПРОФЕССИЯ

Одна старинная легенда рассказывает о таком случае.

Царь Соломон по окончании строительства иерусалимского храма (X в. до н. э.) задумал прославить лучших строителей и пригласить их во дворец. Даже свой царский трон уступил на время пира лучшему из лучших — тому, кто особенно много сделал для сооружения храма.

Когда приглашенные явились во дворец, один из них быстро взошел по ступеням золотого трона и сел на него.

Его поступок вызвал изумление присутствующих.

— Кто ты и по какому праву занял это место? — грозно спросил разгневанный царь.

Незнакомец обернулся к каменщику и спросил его:

- Кто сделал твои инструменты?
- Кузнец, — ответил тот.

В. И. Ленин называл железо одним из главных продуктов современной промышленности и одним из фундаментов цивилизации. Размеры потребления железа, по словам В. И. Ленина, говорят о прочности железного фундамента культуры в данной стране.¹

Сидящий обратился к плотнику, столяру:

- Кто тебе сделал инструменты?
- Кузнец, — отвечали те.

И все, к кому обращался незнакомец, отвечали:

— Да, кузнец выковал наши инструменты, которыми был построен храм.

Тогда незнакомец сказал царю:

— Я кузнец. Царь, видишь, никто из них не мог бы выполнить свою работу без сделанных мною железных инструментов. Мне по праву принадлежит это место.

Убеденный доводами кузнеца, царь обратился к присутствующим:

— Да, кузнец прав, он заслуживает наибольшего почета среди строителей храма.

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Изд. 5-е, т. 23, с. 337.



Но так было не только в легенде. Эта профессия древности была основной металлургической профессией. Кузнец, он же металлург, при сыродутном процессе получал железо и превращал его в изделие. Людей поражало, что кузнец делал ценные вещи почти из ничего, из куска какого-то бурого камня. Поэтому многие народы считали кузнеца «вещим человеком», чуть ли не чародеем. Нередко эта профессия была очень почетной.

«С кузнецом не положено на «ты» говорить» — уважительно отмечает финская поговорка. «Тысяча ударов портного — один удар кузнеца», — почтительно говорили узбеки.

Самыми уважаемыми людьми были кузнецы у различных первобытных племен Африки. Именно им доверялось воспитание молодого поколения. В Африке единственным человеком, которому разрешалось изготовлять деньги, являлся кузнец. Этим также объяснялось его высокое положение у многих африканских племен.

Английский ученый и публицист Б. Девидсон рассказывает, что оседлые земледельческие племена Африки почти всюду считали кузнецов почетной и равной им кастой, а часто даже привилегированным сословием. Цари банту из Конго были традици-

онными членами касты кузнецов. В некоторых районах Зулуленда профессия кузнеца не только окружалась таинственностью, но и считалась одной из самых почетных. Обычно отцы передают свой опыт сыновьям из поколения в поколение.

У племени дегон в Западной Африке обработка железа была одним из самых важных занятий. Местные кузнецы, как и у других народов Западного Судана, составляют здесь почетную группу, обычно обособленную. Здесь на кузнеца смотрят как на любимца царей и вождей, и он занимает привилегированное положение жреца.

Немецкий этнограф Ю. Липе сообщает, что даже царям африканских государств южнее Сахары часто было совершенно необходимо знать кузнечное дело. В середине века в одном из больших государств на территории Конго всякий феодал, который хотел стать царем, должен был доказать, что он хороший кузнец.

У азиатских народов, например у бурят, кузнецом мог стать только человек, среди предков которого уже были кузнецы. Обыкновенный человек не мог так просто взяться за это священное ремесло. О происхождении этого ремесла рассказывает древний бурятский миф. В нем говорится о тяжелых временах, когда челове-





ГРЕЦИЯ, VI в. до н.э.



ГЕФЕСТ



КУЗНЕЦЫ
СРЕДНЕВЕКОВЬЯ

чество, еще не зная железа, влачило жалкое существование. Но вот однажды тэнгри, или добрые духи, решили послать на землю бога Божин-тая и его девять сыновей, чтобы те научили людей священному ремеслу. Бог вскоре вернулся на небо, а его сыновья женились на дочерях чело-века, и их первые ученики стали предками всех кузнецов. У бурят куз-нецы принадлежали к высшему клас-су общества, их освобождали от упла-ты налогов и считали как бы сродни богам. У монголов дархаты — это куз-нецы в звании, соответствующем ры-царскому.

Интересно отметить, что единст-венным «рабочим» среди богов раз-личных религий был бог-кузнец: Ге-фест — у греков, Вулкан — у римлян, Сварог — у славян.

В средневековой Европе кузнец то-же пользовался большим почетом. Вся дружина Вильгельма Завоевате-ля, высадившаяся в Англии в XI в., состояла из кузнецов. И долго после этого на королевских пирах кузнец сидел за одним столом с королем и ему подавали все яства и питья, какие только были на столе. По чину кузнец был выше медовара, а лекарь был ниже обоих.

В Англии, в период роста железо-делательного производства, многие удачливые кузнецы богатели и стано-вились даже лордами. Родоначальник одной такой династии заводчиков Фуллер на своем дворянском гербе изобразил кузнечные клещи, а девизом избрал слова: «Углем и шипца-ми». Другой кузнец, Леонард Гейль, смог сделать своего сына владельцем замка и членом парламента.

«Чтобы стать кузнецом, надо ко-вать», — говорят французы. Этому надо учиться. Вот что об этой профес-сии писали в старинной книге «Зре-лище природы и художеств» (1788 г.): «Ни которой художник (ремеслен-ник — Н. М.) столько в обществе че-ловеческом не нужен, как кузнец... Полезному сему рукоделию учащиеся выучиваются за плату в два года; а без платы должен работать на масте-ра четыре или пять лет. Во многих

местах за довольный знак искусства в кузнечестве преемлется, ежели кузнец скует хорошо две подковы, навозные вилы и топор».

В наше время учеба будет посложнее, ибо и продукция не подковы и вилы, а сложные детали машин. Кузнец работает теперь на молотах, прессах, выполняет работы по ковке простых и сложных деталей, соблюдая установленные припуски и чистоту поверхности. Однако в процессе учебы кузнец овладевает и ручной ковкой.

Каких высот можно достичь в этой профессии в наши дни? В народе говорят: «Хороший кузнец и муравья подкует». И верно. Один тульский умелец, работавший на сталинградском тракторном заводе, имел при словье «Железо ломать — ума не надо», а сам мог свободной ковкой отковать портрет, или, к примеру, сделать под молотом розан-цветок. Искусство! Обуховский кузнец Иван Агеев ковал стальные розы и ударом

пятитонного парового молота мог закрыть крышку карманных часов, лежавших на наковальне.

В наши дни приходится работать на невиданном в старые годы оборудовании. Кузнец Н. А. Солошенко работает в Краматорске на исполинском, высотой в четырехэтажный дом, ковочном прессе, а давить он может с усилием 10 000 тс. На этом прессе отковали, например, многотонные гребные валы для атомохода «Ленин». Здесь громадные вишнево-красные стальные слитки превращаются в валы турбин для Волжской, Братской, Вилюйской, Красноярской и других ГЭС.

Кузнец... Когда-то он весь день трудился в угарном цехе, в дымящейся на теле от жары печей одежде. Продолжительность жизни кузнеца Донбасса была еще меньше, чем шахтера. Сегодня кузнец — это повелитель прессов, человек, технически грамотный, любящий свою профессию, гордящийся ею.

ЖЕЛЕЗНАЯ КОЛОННА В ДЕЛИ

Среднеазиатский ученый из Хорезма Бируни закончил в 1048 г. свой большой труд «Минералогия, или собрание сведений для познания драгоценностей».

В 1963 г. книга была впервые опубликована полностью на русском языке. Там есть интересная глава «О железе», в которой Бируни с удивлением сообщает:





МАССА
6,5 ТОНН
ВЫСОТА
7,3 МЕТРА

99,72%
ЧИСТОГО
ЖЕЛЕЗА

ЖЕЛЕЗНАЯ
КОЛОННА в ДЕЛИ



«К небылицам о происхождении железа, хотя они и так во множестве упоминаются в летописях, относится и то, что в Кандахаре во время его завоевания арабами был найден железный столб высотой в 70 локтей. Хишам Ибн-Амир приказал откопать его до основания, при этом было обнаружено, что столб был вкопан еще на 30 локтей в землю. Тогда он стал спрашивать о нем, и ему сообщили, что один Тубба из Йемена вступил в их страну вместе с персами, и когда они овладели Индией, то йеменцы отлили из своих мечей этот столб и сказали: «Мы не хотим идти отсюда дальше в другую страну», — и завладели Синдом. И говорят: «Это слова тех, кто ничего не понимает в деле обработки металлов и изготовления крупных отливок из него». Это даже глупость, ибо тот, кто нуждается во время завоевания страны в увеличении количества оружия, не стал бы его уменьшать вместо того, чтобы увеличивать, точно он собирался сражаться при помощи столба. Это напоминает рассказ тех людей, которые совершают поездки между Хорезмом и страной гузов, о железной накопальной величине с большой дом, мимо которой проходят по дороге, ведущей...»

К сожалению, на этом обрывается глава о железе — конец ее утерян. Однако сообщение о железном столбе Бируни напрасно отнесено к небылицам. Такой столб уже в его время более 600 лет стоял в Индии. Он сохранился и до наших дней.

Вот что пишет Д. Неру в книге «Открытие Индии»:

«Древняя Индия добилась, очевидно, больших успехов в обработке железа. Близ Дели высится огромная железная колонна, ставящая в тупик современных ученых, которые не могут определить способ ее изготовления, предохранивший железо от окисления и других атмосферных явлений».

Колонна была воздвигнута в 415 г. в честь царя Чандрагупты II, скончавшегося в 413 г. Первоначально она находилась на востоке страны, была

увенчана изображением священной птицы Гаруды и стояла перед храмом. В 1050 г. царь Ананг Пола перевез ее в Дели. Теперь она стоит на одной из площадей индийской столицы. Темная поверхность колонны на высоте человеческого роста блестит. С давних времен стекались к ней толпы богомольцев — считалось, что кто прислонится спиной к колонне и обхватит ее руками, тот будет счастлив.

Колонна весит около 6,5 т, высота ее 7,3 м, диаметр у основания — 41,6 см, у верха — 29,5 см. Она изготовлена почти из чистого железа (99,72% железа) и содержит лишь незначительные примеси углерода, серы и фосфора. Этим и объясняется ее долговечность и антикоррозионная стойкость.

Древняя Индия славилась искусством своих металлургов. О выплавке железа в Индии говорится в Брахманах — священных книгах, относящихся примерно к XIII—XII вв. до н. э. Таким образом, ко времени создания колонны металлургия Индии имела по крайней мере полуторатысячелетнюю историю и железо стало таким обычным, что его употребляли для изготовления плугов. Во многих древних храмах встречаются железные балки длиной до 6 м.

Историки сообщают, что применявшиеся при сооружении египетских пирамид орудия из железа для обработки камня изготавливали в Южной Индии, которая вела оживленную торговлю с Римом, Египтом и Грецией. Индия была настолько известна на Востоке своими изделиями из стали, что у персов в разговоре о чем-нибудь лишнем и ненужном бытовала поговорка: «В Индию сталь возить».

Известен памятник иранской архитектуры XIV в. — купольный мавзо-

лей — мечеть Ольдшайту-хана в Султании. Мечеть была декорирована мозаикой из разноцветных глазурованных и люстровых плиток. Главной достопримечательностью мавзолея были двери гробницы хана, сделанные из тончайшей индийской стали. Из стали была сделана и решетка «толщиной в руку», окружавшая могилу Ольдшайту-хана. Она, якобы, была изготовлена из одного куска стали, и в Индии над нею трудились более семи лет.

А теперь вернемся к железной колонне. Наверное, читателей интересует вопрос — как же была изготовлена она?

Некоторые считают, что современные металлурги до сих пор не научились делать ничего подобного. Это не так. В наши дни научились делать и нержавеющую сталь, и железо такой чистоты, какой не знали древние металлурги. И все-таки искусство старинных мастеров достойно восхищения.

По вопросу о способе изготовления знаменитой колонны до сих пор нет единого мнения. Некоторые авторы заявляют, что колонна была отлита; это менее всего вероятно. Другие предполагают, что колонна изготовлена методом сварки отдельных криц массой по 36 кг и последующей их проковки.

По мнению одного автора, древние металлурги для получения чистого железа растирали губку сварочного железа в порошок и просеивали его. А потом полученный чистый порошок железа нагревали до красного каления и под ударами молота его частицы слипались в одно целое — сейчас это называется методом порошковой металлургии. Из таких кусков железа, возможно, и составлена огромная колонна в Дели.

БУЛАТ — ЗНАМЕНИТАЯ СТАЛЬ

Вальтер Скотт в своем романе «Талисман» рассказывает о состязании в ловкости между султаном Саладином и английским королем Ри-

чардом Львиное Сердце. Во время состязания Ричард мечом разрубил на две части копьё одного из рыцарей — все видели высокую прочность

стали и огромную силу удара короля. В ответ Саладин подбросил в воздух тонкое покрывало и рассек его саблей — прекрасное доказательство остроты клинка и ловкости воина. Клинок султана был булатный. Эта одна из многих легенд, рассказывающая о чудесных свойствах булата.

Булат — знаменитая сталь, о которой слышали многие, даже не металлурги. Первые сведения о булате до нас дошли от участников похода Александра Македонского в Индию — за 2300 лет до наших дней.

Правители одного из пенджабских княжеств преподнесли Александру Македонскому сто талантов стали (талант—25,9 кг)—четверть тонны стали по тому времени значительное количество, достойное упоминания в описании похода великого полководца!

Да, Индия была родиной булата. Отсюда в восточные страны ввозили вутцы—«хлебцы» из стали. Они имели вид плоской лепешки диаметром около 12,5 см, толщиной 0,25 см и массой около 900 г. Каждый такой хлебец разрубали пополам на равные части, чтобы покупатель мог рассмотреть строение металла.

Индийские мастера много веков владели искусством обработки стали. Знаменитый арабский путешественник и географ Эдризи в 1154 г. писал,

что индусы в его время славились производством стали и выковкой мечей. За сотню лет до этого Бируни, описывая производство стали и мечей, восклицал: «Никогда не будет народа, который лучше разбирался бы в отдельных видах мечей и в их названиях, чем жители Индии!»

И он далее рассказывает, что мечи в Индии делали всяких цветов: зеленые (отполированное железом натуральным порошком медного купороса), синие, белые, цвета фиринд или фаранд («шелковая узорчатая ткань»), т. е. с узорчатым рисунком на стали, с красным полем и белыми узорами на нем.

Узоры, рисунки на металле были самой главной внешней отличительной особенностью булатных мечей. На некоторых булатах узоры были видимы невооруженным глазом сразу после полировки. На других узоры появлялись только после травления соком растений. Узор мог быть крупным или мелким.

Мастера Востока тщательно хранили секрет производства булата, передавая его из рода в род. Было несколько известных центров по изготовлению булата. Особенно славился этим сирийский город Дамаск. Там уже 1800 лет назад существовала первая крупная мастерская по изготовлению стали и производству ору-



жия из индийского вутца. Мечи из Дамаска в середине века попадали даже в африканские государства Гану, Мали и др. Название «дамасская сталь» позже стало собирательным понятием булатной стали, изготовлявшейся в разных странах.

Булатные клинки ценились очень высоко во все времена. Бируни, сообщая о различных видах индийских мечей, упоминает об одном из них — маджли, на котором изображаются животные, деревья: «Стоимость такого меча равна цене лучшего слона, если же рисунок будет изображать человека, то ценность и стоимость меча еще выше».

В более поздние времена — например, в начале XIX в. у синдского эмира была булатная сабля, за которую он не согласился взять 900 фунтов стерлингов (9000 руб. золотом).

Знакомство европейцев с булатом началось еще в эпоху римского владычества — около 2000 лет назад. Позднее славу булатного оружия разнесли купцы, приобретавшие его в Дамаске и развозившие по многим странам. С начала III в. способ ковки дамасских мечей распространился в Западной Европе. Однако, спустя 700 лет, секрет производства был снова утерян.

В средние века производство булатов было и на Руси. Имеются доку-

менты, подтверждающие, что в Москве существовало производство булатов. Так, в 1616 г. оружейный мастер Дмитрий Коновалов выковал зеркало из булата. В ряде документов встречаются записи: «...сабельные полосы, булат синей, московский выков», «сабля полоса русская с долами на булатное дело». Однако к концу XVII в. это искусство, видимо, пришло в упадок, а потом и вовсе забылось. Здесь уместно будет затронуть вопрос — почему же так легко были утрачены многие секреты древних мастеров?

Академик Л. Ф. Верещагин, отвечая на этот вопрос, приводит пример с загадкой дамасской стали. Как удалось людям средневековья без нынешней техники и без легирующих добавок получать эту изумительную нержавеющую и необыкновенно прочную сталь? Если производство дамасских клинков было уже когда-то освоено, то почему же люди позабыли его? Академик так ответил на этот вопрос: «То, что случайно найдено путем экспериментов и еще не осмыслено, не понято людьми, принадлежит им только наполовину. Человеку выпала большая удача — он нашел самородок золота. Нашел случайно. Он порадовался увесистой находке, подержал ее в руках, спрятал под куст в надежде вернуться



сюда, а потом сколько ни искал, уже не мог ее найти. Примерно то же случилось и с дамасской сталью. Случай дал ее в руки человеку, случай и отнял».

Несмотря на утрату секрета, интерес людей к булатной стали не пропал. В прошлом веке ученые многих стран пытались разгадать тайну булата. Среди них был и знаменитый английский физик Майкл Фарадей, пытавшийся получить булат добавкой к стали алюминия и платины.

Однако тайна булатной стали была раскрыта уральским металлургом Павлом Петровичем Аносовым. После многолетних опытов в 1833 г. Аносов изготовил в Златоусте первый булатный клинок. «Полоска булата сгибалась без малейшего повреждения, издавала чистый и высокий звон. Отполированный конец крошил лучшие английские зубила, тогда как опущенный — легко принимал впечатления и отсекался чисто и ровно», — писал Аносов в «Горном журнале».

Изготовленные на Златоустовской фабрике булатные клинки были золотистого отлива с крупным сетчатым или коленчатым узором, что, по мнению знатоков, было признаком высшего сорта булата. Эти клинки разрубали кости и гвозди, не повреждая лезвия, и вместе с тем легко перерезали в воздухе газовый платок.

Так что же такое булат, над тайной которого так долго и упорно билось многие люди? «Железо и углерод и ничего более, — отвечал Аносов. — Все дело в чистоте исходных материалов, в методе охлаждения, в кристаллизации».

Да, действительно, булат оказался высокоуглеродистой сталью, полученной в результате естественной кристаллизации. Сущность образования булата заключалась в насыщении сплава большим количеством углерода (1,3—1,5%). В условиях медленного охлаждения образовывалось и находилось в некотором избытке соединение железа с углеродом — так называемый цементит, который не растворялся, как это бывает в обычной стали, а оставался среди железа, как бы во взвешенном состоянии. Прослойки цементита обволакивались медленно остывающим мягким железом. Поэтому при высоком содержании углерода, что придает металлу твердость, булат сохраняет высокую вязкость, упругость, которой лишена обыкновенная сталь. Из-за наличия прослоек хрупкого цементита отковка булата должна производиться крайне осторожно, ударами легкого молота, с многократным нагревом до критической температуры — до температуры красного каления, переход за которую ведет к по-



тере булатом своих основных свойств и характерного рисунка. Процесс изготовления булата был очень трудоемким, длительным и требовал высокого искусства.

Работы Аносова по освоению производства булатной стали оказали большое влияние на дальнейшее развитие металлургии. Ведь в то время мартеновский и конверторный процессы еще не были известны. В Англии, России и других странах литую сталь получали трудоемким, длительным и малопроизводительным процессом — путем переплава цементованных кусков железа в тиглях. Цементация же, т. е. науглероживание железа, представляла собой еще более длительный процесс, он иногда продолжался несколько дней.

Аносов во время работы над булатом разработал новый способ получения стали, сущность которого «заключается в сплавлении негодных к употреблению железных и стальных обсечков в глиняных горшках при помощи возвышенной температуры воздушных печей». Если же сплавляли мягкое железо, т. е. металл с низким содержанием углерода, Аносов соединял процесс плавения с процессом науглероживания железа в газовой среде — при этом операция цементации совмещалась с плавлением.

Открытие газовой цементации явилось крупным вкладом в практику металлургии и обеспечивало получение литой стали в сравнительно больших однородных массах.

Наладив на Урале производство тигельной стали, Аносов с законной гордостью писал: «В Златоусте литая сталь, получаемая из стальных обсечков и тагильского железа, может не уступать английской литой стали: в этом меня убеждают многие сравнительные опыты».

Завершая свой рассказ о булате, автор уже предвидит вопрос нетерпеливого читателя: а как теперь положение с булатом? Каково его нынешнее значение? А иной читатель даже усомнится, создана ли сейчас подобная замечательная сталь.



Некоторые полагают, что сейчас можно произвести слиток булатной стали, а потом из него получить, например путем проката, ленту для лезвия. При этом упускают из виду, что булатная сталь получается по особой технологии. Отковку булатного изделия надо вести очень осторожно, так искусно, чтобы при этом структура металла не разрушалась, а лишь сминалась, и волокна «твердой» и «мягкой» составляющих переплетались между собой. Только в таком случае получается материал, обладающий одновременно и большой твердостью, и большой вязкостью. И такое строгое соблюдение определенной температуры и режимаковки необходимо для каждого изделия.

В наши дни представить себе технологию, когда каждое изделие будет производиться таким способом — например, отковка лезвия безопасной бритвы — невозможно.

Да, сейчас булатная сталь не производится. Она была продуктом ремесленного кустарного производства и имела ограниченное применение —

в основном для изготовления холодного оружия. Современная техника (ведь минуло более сотни лет со времени работ Аносова!) нашла много способов получения самых разнообразных сталей с различными свойствами, которыми не обладала булатная сталь.

Современной технике нужны металлы и сплавы с самыми необычными свойствами. Нужны стали для работы при давлении в сотни и тысячи атмосфер (в производстве аммиака давление до 1000 ат) и при глубоком вакууме, когда давление близко к нулю (в электронных приборах давление до 0,000 001 мм рт. ст.). Хладостойкие стали должны сохранять прочность при температурах, близких к абсолютному нулю (-273°C). Для атомных реакторов требуется металл с наибольшей магнитопроводностью, для двигателей реактивных самолетов и ракет — сталь, способная сохранять прочность при очень высоких температурах и больших нагрузках. Теперь такие стали и сплавы есть!

УРАЛЬСКАЯ МАРКА

23 января 1697 г. верхотурский воевода Д. Протасьев доложил в Москву, что в горе над рекой Тагил найден железный камень—магнит, а по берегам реки Нейвы — железные руды. Образец магнитного железняка направили для пробы в Амстердам. Оттуда получили ответ, что «лучше того железа добротой и мягкостью быть невозможно». Найденные месторождения послужили рудной базой для первых уральских железоделательных заводов.

В 1701 г. на Урале были пущены два первых завода — Невьянский и Каменский. Один из крупнейших заводов Урала — был построен в Нижнем Тагиле — там в 1725 г. выстроили плотину и две доменные печи высотой по 13 аршин. 25 декабря 1725 г. новый завод выдал первый чугун. Позднее появились еще две доменные печи, два молота и плющильная ма-

шина. Суточная производительность одной доменной печи в 1727 г. составляла 250—400 пудов, а годовая — в среднем 118,7 тысяч пудов.

Академик С. Г. Струмилин писал позже о Нижнетагильском заводе: «Завод оказался самым крупным и жизнеспособным наследием той эпохи. В преобразенном виде и грандиозно возросших масштабах он и ныне является одним из лучших украшений современного Урала».

Вслед за этим возникли и другие заводы Демидовых, входившие в Нижнетагильский горный округ. Заводы Демидовых были самыми крупными в мире по производству чугуна.

На уральское железо ставили заводское клеймо, изображавшее маленького бегущего зверька. Под маркой «Старый соболь» оно было известно всему миру. —Этот металл выплавлялся из чистых, без вредных

примесей уральских руд и на древесном угле, также не засорявшем металл примесями. Недаром Аносов в своем производстве булатной стали использовал тагильское железо, ибо в его процессе успех дела состоял прежде всего «в чистоте исходных материалов». Уральское железо было таким «добрым» и «мягким», что его сравнивали с собольим мехом — потому и называли заводское клеймо «Старый соболь».

В Нижнетагильском краеведческом музее и сейчас можно видеть старинные изделия из уральского металла — образцы проката, свитые в узлы, самовар, железные бутылки — все они свидетельствуют о замечательном качестве железа и высоком искусстве уральских металлургов. Узлы из круглого железа затянуты в холодном состоянии при помощи строгального станка. Самовар сделан из круглых железных дисков в холодном состоянии постепенным загибом с оттягиванием без единого шва, сварки или склепывания. Железные бутылки оттянуты в нагретом состоянии. Великолепные качества уральского железа высоко ценились за границей. Особенно охотно покупали его в Англии. «Демидовское железо «старый русский соболь», — писала 16 апреля 1851 г. английская газета «Морнинг пост», — ... играет важную

роль в истории нашей народной промышленности: оно впервые введено было в Великобритании для передела в сталь в начале XVIII столетия, когда сталелитейное наше производство едва начало развиваться. Демидовское железо много способствовало к основанию знаменитых шеффилдских изделий».

Марка «Старый соболь» особенно славилась в XVIII в. — золотом веке старой уральской металлургии. Тогда Россия занимала первое место в мире по производству металла, обогнав Англию и Швецию. В России же главной металлургической базой являлся Урал: в середине XVIII в. здесь производилось до двух третей всего металла в стране.

Немалую долю в вывозе русского металла в Англию занимало тагильское железо. Английская металлургия в то время переживала застойный период из-за недостатка топлива, и поэтому Англия развивала свою промышленность в основном за счет русского и шведского железа. В конце XVIII в. Нижнетагильский завод вырабатывал ежегодно до 280 тыс. пудов металла, который почти полностью попадал в Англию.

Уральские заводы в XVIII в. и в техническом отношении стояли на первом месте в мире. В центральной России имелись еще заводы, получав-



шие железо устаревшим сыродутным способом. На Урале же получали железо только из чугуна — технически это был более совершенный способ.

Уральской металлургии XVIII в. принадлежали мировые рекорды и по выплавке чугуна на одну печь и по экономическим показателям расхода топлива и сырья. Доменные печи Нижнетагильского завода по своим размерам и производительности значительно превосходили западноевропейские. Высота их достигала почти 13 аршин, в то время шведские и французские были не выше 10,5 аршин, а немецкие 9—10 аршин. Средняя выплавка одной уральской печи составляла около 100 000 пудов в год, некоторые печи давали по 150—200 и 300 тысяч пудов в год в конце столетия. Такой производительностью не отличались и крупнейшие коксовые печи Англии того времени.

Однако в XIX в. положение русской металлургии изменилось. В то время как, например, Англия, снабженная русским и шведским железом, проводила технические преобразования своей промышленности, становясь на капиталистический путь развития, Россия отставала от Англии и других стран в социально-экономическом отношении. В стране до 1861 г. сохранялось крепостное право. Оно служило главным тормозом

в развитии уральской металлургии. Техника уральских заводов оставалась на прежнем уровне, в то время как в других капиталистических странах она непрерывно совершенствовалась. Россия лишилась зарубежных рынков для сбыта железа, а внутренний рынок из-за экономической отсталости развивался слабо.

О положении в горной промышленности того времени сохранилось примечательное свидетельство современника. Корреспондент П. Крапивин в письмах с Урала писал в «Промышленном листке»: «Отовсюду слышатся жалобы на дороговизну, а частью и на негодность продуктов нашей горнозаводской промышленности... Если уж в центрах горной производительности, как например, у нас на Урале, железо по цене своей составляет предмет, мало доступный земледельцам и вообще массе мелких потребителей, то можно себе представить, в какой мере доступно оно там, где горных заводов в близости нет. Прорежьте Россию по какому угодно направлению, и вы то и дело встретите из десяти крестьянских лошадей подкованную одну, из ста саней подкованные двое—трое, из десяти скатов колес два-три без шин, на четыре дома три топора, целые деревни без железного гвоздя, огромные села без кузницы».



ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ



МАГНИТОГОРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ

Новый расцвет уральской металлургии наступил только при советской власти. В предвоенные пятилетки была выдвинута и осуществлена идея продвижения металлургии на Восток — создание на Востоке крупного угольно-металлургического центра страны. Большие запасы уральской железной руды, сочетание их с сибирским углем, благоприятное географическое положение создавали необходимые предпосылки для развития на Урале технически передового, крупного, комбинированного хозяйства и превращения Урала в крупный металлургический центр.

По этому плану перед Великой Отечественной войной на Урале возникли такие гиганты металлургии, как ММК, НТМЗ и другие заводы.

В годы войны особенно сказались все преимущества создания этого металлургического центра. Уральские металлурги снабжали фронт металлом и боевыми машинами: в слож-

ных условиях военного времени освоили много новых процессов: впервые в мире начали выплавлять феррохром в доменных печах на металлургическом заводе им. Серова, ферромарганец в больших доменных печах из уральских бедных марганцевых руд на ММК. Сталеплавильщики овладели производством высоколегированной стали в больших мартеновских печах, а также освоили выплавку сталей-заменителей, в которых содержалось незначительное количество дефицитных легирующих элементов.

В послевоенные годы уральская металлургия продолжает свое развитие, с каждым годом увеличивая выпуск металла для мирных целей. Тагильские металлурги обеспечивают прокатом более 6000 заводов и строек нашей страны. Металл, раньше известный под маркой «Старый соболю», теперь с маркой НТМК экспортируется в 37 государств мира.

ПЕТРОВСКИЙ УКАЗ

6 апреля 1722 года был издан и сразу же разослан по заводам важный для развития русской металлургии указ Берг-коллегии «О пробовании железа». Вот текст этой «прародительницы» современных инструкций ОТК — так называют сейчас на заводах отдел технического контроля.

«Его Императорское Величество указал послать из Берг-коллегии на все железные заводы, где железо делается, чтоб с сего времени железо пробовали сим образом, и отпускали в указанные места и продавали со следующими знаками:

Первая проба: вкопать круглые столбы толщиной в диаметре по шести вершков в землю так далеко, чтоб оно неподвижно было, и выдолбить в них дыры величиною против полос, и в тое дыру то железо просунуть, и обвести кругом того столба трижды, потом назад его от столба отвести, и ежели не переломится, и знаку переломного не будет, то на нем сверх заводского клейма наклеить № 1.

Вторая проба: взяв железные полосы бить о наковальню трижды, потом другим концом обратя такожды трижды от всей силы ударить, и которое выдержит, и знаку к перелому не будет, то каждое сверх заводского клейма заклеить его № 2.

На последнее, которое тех проб не выдержит, ставить сверх заводских клейм № 3. А без клейм полосного железа отнюдь чтоб не продавали».

Это, пожалуй, самый первый документ о испытании металла перед использованием его в деле. Указ говорит также о том, что в эпоху Петра I заботились не только о количестве выпускаемого металла, но уже создавали и методы контроля его качества. Причем, спрос с бракоделов был строгий. В другом указе писалось:

«Повелеваю хозяина Тульской оружейной мастерской Корнея Белоглаза бить кнутом и сослать в работу в монастырь за то, что он, подлец, дерзнул войску государеву продавать плохие пищали и фузеи. Старшего

приемщика Фролку Минаева бить кнутом и сослать в Азов. Пусть не ставит клейма на плохо сделанное оружие».

В давние времена металлические изделия не подвергались испытанию на прочность. Правда, из средневековья дошла до нас такая история о «контроле» продукции. Рассказывают, что в старину, когда оружейнику заказывали стальную рубашку — кольчугу, то примерку готового изделия производили на мастере. Заказчик брал в руку кинжал и наносил по кольчуге несколько ударов.

С развитием техники к металлу предъявлялись все более строгие требования, приходилось думать о проверке его качества.

Вероятно, первое зарегистрированное испытание на растяжение было проведено французским философом и музыкантом М. Мерсенном, которого интересовала прочность струн в музыкальных инструментах. В 1636 г. он провел серию испытаний струн из различных металлов. Но сведения о том, были ли использованы полученные им данные, до нас не дошли.

В связи с развитием машиностроения в XIX в. к металлу предъявлены строгие требования во всех областях техники. Появилась необходимость в разработке общепринятых методов испытания металлов на прочность.

С конца 50-х гг. прошлого столетия начинают вводить систематические испытания прочности металла на разрыв, твердость, затем испытания на повторную нагрузку, изгиб, удар. В 1852 г. для нужд железных дорог Англии и Германии строились специальные испытательные станки и машины. К этому времени уже во многих странах ведутся регулярные испытания прочности железа, проводятся сравнение и анализ результатов, издаются сводки по отдельным производствам — первая из них опубликована в 1862 г.

В России до XX в. между потребителями металлических изделий и железоделательными заводами не было соглашений относительно сортов поставляемого металла. Каждый завод имел свой сортамент. Еще в 1885 г. профессор Н. А. Белелюбский требовал установить единообразные размеры проката, но только в 1894 г. Постоянная совещательная контора железозаводчиков приступила к выработке русского сортамента фасонного железа. В результате пятилетней работы комиссии был принят и опубликован «Русский нормальный сортамент фасонного железа: угловое, тавровое, двутавровое, корытное и зетовое железо».

Постоянное изучение способов испытаний и условий приемки матери-

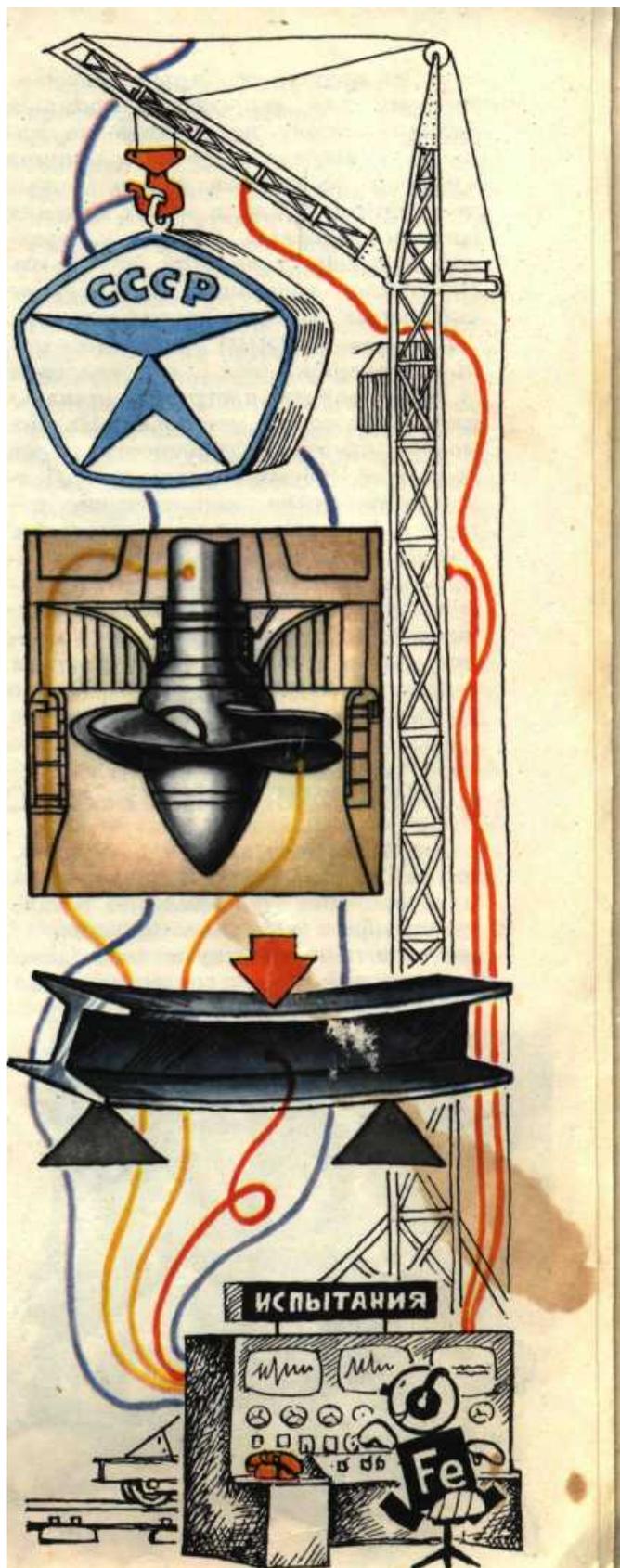


алов началось в 1884 г. В 1897 г. в Стокгольме образовался Международный союз по испытанию технических материалов, который разработал международные нормы по испытанию металлов, условия технической приемки, способствовал созданию единообразия в испытании материалов. Введение механических испытаний значительно снизило брак производства, так как предварительный контроль устранял негодный металл из последующих технологических процессов.

До мировой войны и в течение нескольких последующих лет основой расчета деталей машин служили показатели статистических испытаний: предел текучести, предел прочности и модуль упругости. Установление того факта, что ответственные детали подвергаются в большинстве случаев действию различных по величине циклических нагрузок, явилось новым шагом в развитии теории прочности. В 20—30-х годах были введены такие понятия, как усталостная прочность, пределы усталости при изгибе, кручении и растяжении — сжатии, предел усталости при знакопеременной нагрузке, конструкционная прочность и т. д., не утратившие своего значения и в настоящее время.

Усложнение методов испытания металлических изделий продолжается. Этого настоятельно требуют заботы о безопасности в использовании технических средств. Ни одна машина, ни один самолет без испытаний статическими и динамическими нагрузками не пойдет в серийное производство.

А как испытать на прочность океанский лайнер или железнодорожный мост? Или исполинскую турбину, гигантский пресс? Современное машиностроение использует детали в 30—40 м длиной, диаметром 1,5—2 м и массой сотни тонн. Такие громадины не испытываешь. Их только рассчитывают. Иногда ошибаются, и тогда авария. Вот почему инженеры стараются строить машины или сооружения понадежнее — берут запас в 10—12 раз больше расчетной прочно-



сти. Это ведет к огромным убыткам. Поэтому для испытания огромных изделий строят испытательные машины. Шведская разрывная машина «Амслер», созданная еще в первые десятилетия XX в., в новых моделях способна разорвать, как нитку, стальной стержень толщиной 60—80 мм. Но с валом толщиной 300 мм ей не справиться. Нужны другие машины.

В Москве в ЦНИИ технологии машиностроения под руководством И. В. Кудрявцева построены уникальные «ломающие» установки. На них можно проверять прочность балок толщиной 400 мм, давать этим балкам статические, динамические нагрузки, выяснять пределы усталости!

Самые большие в мире испытательные машины стараются разрушить коленчатые валы мощных двигателей, крупные гребные валы морских судов, детали прессов с усилием в десятки тысяч тонн и др. Однако ученые пытаются постигнуть точные

закономерности масштабного фактора. Тогда не понадобится ломать дорогие образцы, чтобы определить их прочность. Ответ дадут мелкие образцы, модели в 1/10, 1/100 долю натуре.

В наши дни техника контроля обогатилась многими точными приборами, созданными на основе последних достижений науки. На каждом заводе имеется ОТК со штатом специалистов, разбирающихся во всех тонкостях производства. Контролер ОТК — еще одна металлургическая профессия. Задача контроля — проследить за точным выполнением технологической инструкции на всех этапах производства металла. Тем самым обеспечить надлежащее качество металла при испытаниях. Контролерами на заводах часто работают женщины. Их аккуратность, прилежность, усидчивость обеспечивают точность контроля. ...А когда-то все начиналось с петровского указа.

ИСЧЕЗНУВШИЕ ПРОФЕССИИ

Перенесемся мысленно в Англию, лет на 100—150 назад. В то время она была наиболее промышленно развитой страной в мире и занимала первое место по производству железа. Один французский автор с восторгом писал

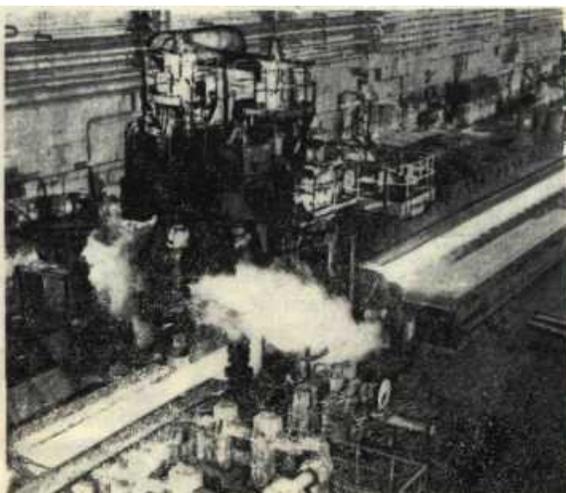
в 1833 г. об английских достижениях в использовании железа:

«Надобно приехать в Англию, чтобы оценить всю пользу железа. Англичане, будучи принуждены употреблять железо вместо дерева, за недо-

ПУДЛИНГОВЩИКИ



ПРОКАТКА
в СТАРИНУ



СОВРЕМЕННЫЙ ПРОКАТНЫЙ СТАН

статком леса, старались выделять оное самую дешевою ценою, и обратили ко множеству таких употреблений, о которых мы на твердой земле Европы не могли бы и подумать. Здесь на каждом шагу увидите железо, чугун, железные листы, сталь в разных видах: в машинах, столбах, колоннах разного размера, от двух дюймов до четырех футов в поперечнике, в водопроводах и газопроводах, в колеях на дорогах, в решетках, мостах, полах, кровлях, целых набережных, дорогах и прочем...»

Впечатляющую картину нарисовал автор. Действительно, в Англии много производилось железа. А как его добывали?

Вот как описывает другой автор железодельное производство графства Стаффордского, крупного металлургического района Англии: «40 000 работников — мужчин, женщин и детей — черных, как циклопы, трудятся беспрестанно под атмосферою, наполненною дымом, вокруг тысячи пылающих горнов, на краях черных болот и пропастей, изрытых в земле еще более черной...»

Можно представить себе условия работы у металлургических печей того времени: изнуряющая жара от раскаленного металла и тяжелый труд при отсутствии всяких механизмов для перемещения тяжестей.

Среди многих металлургических профессий того времени, пожалуй, самой тяжелой была работа пудлинговщика. Пудлингование было основным способом получения железа почти на протяжении всего XIX в. Работа при нем шла так.

На подину пламенной печи загружали чушки чугуна, их расплавляли. По мере выгорания из металла углерода и других примесей температура плавления повышалась и из жидкого расплава начинали «вымораживаться» кристаллы довольно чистого железа. На подине печи собирался комок слипшейся тестообразной массы. Рабочие-пудлинговщики приступали к операции накачивания крицы с помощью железного лома. Перемешивая ломом массу металла, они старались собрать вокруг лома комок, или крицу, железа. Такой комок весил до 50—80 кг и более. Крицу вытаскивали из печи и подавали сразу под молот — для проковки с целью удаления частиц шлака и уплотнения металла.

Обратимся к свидетельству современника, бельгийского писателя К. Лемонье, описавшего в романе «Завод» (1886 г.) тяжелую жизнь рабочих-металлургов. Вот картина работы в пудлинговой мастерской.

«Хрипло дыша от напряжения и надсады, ожесточенная толпа пудлинговщиков, пыльная и почернев-



шая от пламени печей, надрывала свои силы в тяжелой работе, от которой пот, точно слезы, струился длинными ручьями с измученных человеческих тел и стекал на утопанную их подошвами окалину. Вдруг, в двадцати разных местах открывались заслонки горнил, и множество рук, вооруженных клещами, проникали в пекло, извлекая оттуда страшные шероховатые болванки, покрытые ослепительно сверкающими, белыми, как рис, крупинками, напоминающая голову медуз с горящими на них гривами; одна за другой болванки летели в железные фургоны, которые извергали пламя из своих глаз, ноздрей, и ртов, уносили их по направлению к паровым молотам... Пудлинговщики... подходили один за другим к чанам с водой, поставленным у входа, и погружали в них голову и тело до самой поясницы; в алом свете дня их лица казались мертвенно бледными и розовые пятна ожогов виднелись на их коже, покусанной палящим дыханием печей. Хрипло вздымались груди, горячими струями вырывалось дыхание их пересохших ртов».

Удивительно ли, что пудлинговые мастера не желали приучать своих детей к этой работе, которая делала человека неспособным к ней около 45—50 лет жизни. И эта профессия сохранялась кое-где до начала XX в.

Теперь профессии пудлинговщика нет. Работа сталевара, конверторщика на современных агрегатах проходит совсем в других условиях. Конечно, и сейчас металлург имеет дело с раскаленным металлом, но ему помогают многие механизмы и автоматические устройства.

А прокатка сто лет назад? Н. И. Покровский, автор книги «Рудник и завод», изданной в 1864 г., так описывал работу прокатного стана:

«Машина, приводящая валки в движение, вертится обыкновенно с большой быстротою, чтобы самые валки быстро вертелись и быстро пропускали металл между собою. Нужно удивляться ловкости рабочих, которые с одной стороны валков вдвигают в них добела раскаленный ком

железа, а с другой — подхватывают выходящую из них, еще белую от жара металлическую штуку, поднимают ее и передают на другую сторону валков. Вода, падающая на валки, из особых трубок, попадает иногда на раскаленный металл в минуту вступления его в валки и, обращаясь мгновенно в пары, производит как бы настоящие ружейные выстрелы. Любопытно видеть прокатку рельсов, когда из толстой массы белого раскаленного металла, длиною не более полутора аршин, после двух или трех первых прокатов, уже является рельс в несколько сажен длиною. Как адская огненная змея стремится он из валков и гнется под собственной тяжестью. Рабочие принимают его на железные палки и крючья, чтобы потом приподнять и передать рельс на другую сторону валков для новой прокатки».

Прокатные валки могли вращаться только в одну сторону; они не обладали способностью реверсивного движения, как в нынешних прокатных станах, когда валки вращаются туда и обратно. Кроме того, раскаленную полосу нужно было вручную подавать в валки. Это и делали рабочие-кантовщики.

Рельсы того времени были сравнительно невелики. А если приходилось прокатывать огромные массы металла? Тогда было так.

6 сентября 1867 г. в Шеффилде на заводе Д. Брауна и К^о была прокатана толстая броневая плита весом около 30 т. «Масса железа больших размеров до сих пор не прокатывалась еще нигде», — отмечали в прессе.

После нагрева в печи пакет «с величайшими затруднениями был вынут из оной и поднесен к валкам, причем рабочим от невыносимого жара приходилось часто переменяться между собою, несмотря на то, что все они были одеты с головы до ног в парусину, напитанную водой. После поперечной прокатки пакета взад и вперед, длившейся четверть часа, была получена удовлетворительная броневая плита толщиной в 15 дюймов. Эта громадная операция, кончившаяся-

ся так удачно, потребовала 200 человек рабочей силы...»

А теперь? Современный прокатный цех — самый механизированный и автоматизированный участок на заводе. И пришедшего впервые на металлургический завод больше всего поражает прокатка. Да и не только новичка завораживает работа прокатных механизмов. Каждый раз, попадая в прокатный цех, и бывалый металлург засмотрится на точную работу механизмов, которой руководит оператор за пультом управления. Огромный раскаленный слиток вылетает из валков и бежит по рольгангу, но ролики рольганга уже сменили направление вращения и слиток мчится обратно в валки. В промежутках между проходами слитка линейки манипулятора устанавливают его перед тем или иным калибром и кантуют его — переворачивают с боку на бок, чтобы более равномерно прошло обжатие металла. Так исчезла еще одна тяжелая профессия.

В старых доменных цехах самой тяжелой была профессия каталя. Сейчас даже металлургам, особенно молодым, надо объяснять, что это за профессия.

Доменная печь, даже небольшая по сравнению с современными гигантами, потребляла много угля, руды, известняка. Подать все эти материалы в печь входило раньше в обязанности каталя. Это была одна из самых распространенных на старом металлургическом заводе профессий. Изо дня в день ташил он свою «козу» на колошник доменной печи, обливаясь потом, задыхаясь от чада, выбиваясь из сил. Сколько их становилось инвалидами, не способными к работе. Известный доменщик И. Г. Коробов рассказывал о работе каталя на Макевском заводе, принадлежавшем французскому акционерному обществу:

«На работу каталя брали только сильных и выносливых. Не каждый может в течение смены нагрузить на «козы», перевезти и разгрузить около 2000 пудов железной руды... За 12 и более часов работы на заводе пла-

тили — 70—80 копеек — по копейке за «козу», а на каждую «козу» грузили ни мало, ни много 25—30 пудов руды. Двор был весь в рытвинах, повороты узкие, колеи разбиты...»

Теперь на доменные печи подают материалы скипами — подъемниками саморазгружающимися тележками-коробами. На новейших доменных печах для этого используется даже транспортерная подача сыпучих материалов, например на Череповецком и Криворожском металлургическом заводах.

Загрузку мартеновских печей раньше производили тоже вручную — до революции на русских заводах не было завалочных машин. Все сыпучие материалы — руду, известняк кидали в печь обычными лопатами. А загрузку тяжелого металлического лома выполняли специальные рабочие. Они забрасывали куски лома на огромную лопату с длинной рукояткой, висевшей на цепи. Иногда груз весил 40—60 пудов, почти тонну. Несколько рабочих-садчиков налегали на ручку грузовой лопаты и под «Дубинушку» толкали ее в печь и потом переворачивали груды лома. А теперь в мартеновском цехе эту работу выполняет мощная машина, бегающая по железнодорожной колее шириной в 8224 мм. Такая завалочная машина может подать в один прием более 10 т лома!

Так, на примере этих четырех исчезнувших профессий — пудлинговщика, кантовщика, каталя и садчика можно представить изменения, внесенные техническим прогрессом в металлургическое производство.

За годы советской власти в черной металлургии ликвидированы многие профессии тяжелого физического труда: катали, колошниковые, чугушники, формовщики — в доменных цехах; завальщики, рабочие по подъему крышек завалочных окон — в мартеновских цехах; смазчики, ломовщики — в прокатных цехах.

Взамен появилось немало новых профессий, связанных с управлением технологическими агрегатами, механизмами, аппаратами.

ЖЕЛЕЗО В ТЕХНИКЕ



БИОГРАФИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ВЕЩЕЙ

ПРОВОЛОКА

Металлическое изделие в виде гибкой нити или тонкого прута, именуемого проволокой, известно с давних пор. В древности изготовление проволоки совмещалось с ее обработкой. Считают, что наиболее ранние образцы проволоки изготовлены либо ковкой, либо разрезкой листового металла.

Выковывание проволоки из драгоценных металлов для украшений тканей (скань и филигрань) и из железа для изготовления кольчуг производилось до X в. Затем появилась волочильная доска и работа шла так.

Доска укреплялась между двумя столбами. Волочильщик садился перед нею на качели, привешенные у потолка. Захватывал конец проволоки прикрепленными к его поясу клещами у самой доски и, упираясь ногами в столбы, отталкивался назад. Потом, отпустив клещи и согнув ноги, он возвращался в прежнее положение и начинал снова.

Волочение железа появилось в ХГП—XIV вв. Оно вызвало совершенствование технических средств волочильного производства. Некто Рудольф в XIV в. в Нюрнберге приспособил к нему водяное мельничное колесо — появились «проволочные мельницы». Сначала в Германии, в 1590 г. в Англии и Франции. Форма проволоки усложнялась. Появилась волоченая четырехугольная сталь,

квадратная или плоско четырехугольная в разрезе, конусовидная колесная проволока с 6, 7, 8, 10 или 12 желобками. От этого поперечный разрез получал вид маленького зубчатого колеса. Часовщики из этой проволоки делали часовые колеса.

Размеры проволоки со временем тоже менялись. В середине XIX в. английская стальная проволока имела толщину от 0,43 до 0,03 дюйма. В конце XIX в. диаметр проволоки колеблется от 0,5 до 0,004 дюйма. В настоящее время проволока изготавливается обычно толщиной 0,01—16 мм. Причем проволока диаметром более 5 мм получается на прокатных станах и называется горячекатаной или катанкой. Проволока диаметром менее 5 мм изготавливается путем волочения катанки и называется холоднотянутой. В СССР производится более 8 млн. т катанки в год.

Катанку после горячей прокатки травят в слабом растворе серной кислоты, известкуют для лучшей смазки и затем волочат на однократном волочильном стане. Катанка разматывается с мотка, проходит через фильеру и наматывается на тянущий барабан. Вот оборудование волочильщика наших дней.

Волочильщик проволоки изучает основы технологического процесса обработки металла волочением, устройство и принцип работы волочильных станков, физические свойства употребляемых металлов, электро-

технику и слесарное дело, виды и качество смазочных материалов.

О разнообразии сфер применения проволоки говорит уже одно перечисление ее видов: общего назначения, сварочная, телеграфная, пружинная, бердная (для изготовления одной из основных деталей ткацкого станка — гребня), кордная (металлическая нить для упрочнения кордной ткани автопокрышек), игольная, ремизная (прочная металлическая нить с петельками посередине в ткацком станке), канатная, подшипниковая, кардная (для изготовления стальных изогнутых под углом игл для ленты в чесальных или ворсовальных машинах). Только проволокой, вибрирующей с частотой ультразвука, удастся без сколов и трещин разрезать на тонкие пластины керамику, стекло и подобные им хрупкие материалы.

По производству проволоки и изделий из нее СССР занимает первое место в мире. Особенно увеличился выпуск канатной и пружинной проволоки, проволоки для металлокорда, для армирования железобетонных конструкций, из нержавеющей стали, биметаллической сталемедной и др. В СССР освоено производство наитончайшей проволоки с временным сопротивлением разрыву около 400 кгс/мм^2 , в лабораторных условиях получена проволока с временным

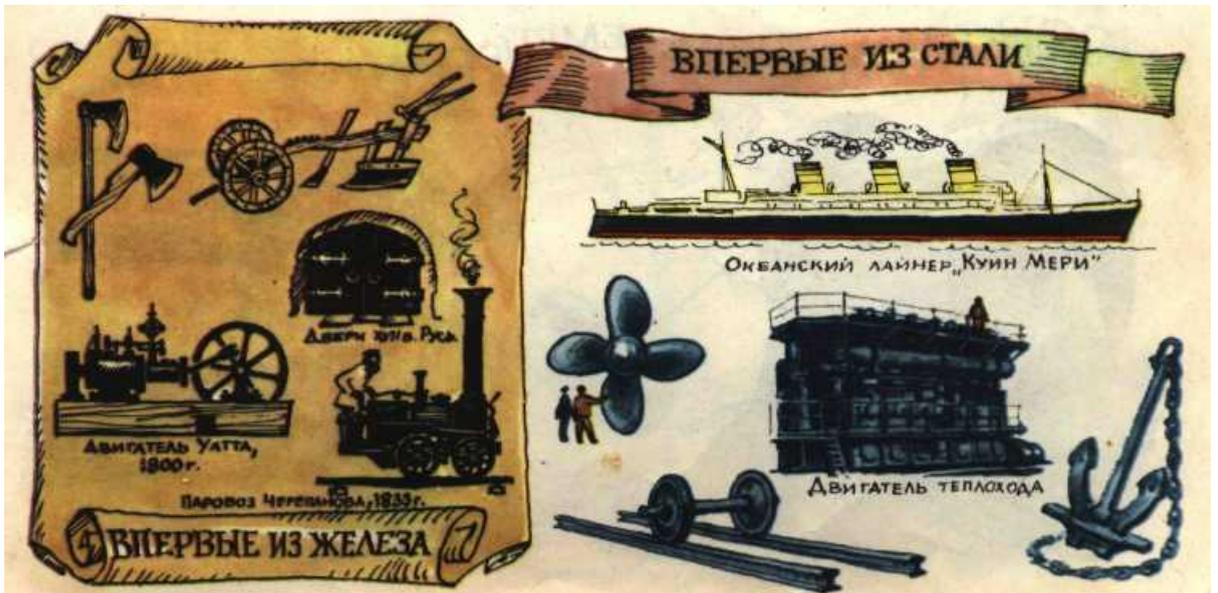
сопротивлением около 500 кгс/мм^2 . По данным Института металлофизики АН УССР, имеется возможность изготавливать из сплавов на основе железа проволоку с временным сопротивлением более 1300 кгс/мм^2 .

КАНАТ

Классификатор изобретений СССР, охватывающий все области технического творчества человечества, содержит всего 90 классов. Канаты целиком занимают один из них. Это красноречивое свидетельство значения канатов в технике. Канаты применяются в грузоподъемных и транспортных машинах, используются и для иных технических целей.

Канаты имеют давнюю историю. В древности это были просто связанные пучки проволоки. Витые канаты из органических волокон и металлические цепи удолетворяли промышленность в течение многих веков, вплоть до XIX в. Изобретение машин, особенно подъемных, потребовало более прочных канатов.

Проволочный витой канат впервые предложил немецкий советник В. Альберт в 1827 г. Канат свивался вручную из двенадцати $3,5 \text{ мм}$ проволок и был весьма неуклюж. Тем не менее замена железных цепей и пеньковых канатов в горном деле позволила



повысить безопасность работ и увеличить глубину проходки шахт.

Первая машина для свивки металлических канатов появилась в 1840 г. в Банска-Штявице (Словакия). До 70-х годов XIX в. проволочные канаты подвергались только конструкционным изменениям и продолжали изготавливаться из мягкой железной проволоки с пределом прочности 50—70 кгс/мм². Появились шестипрядные канаты крестовой свивки из многопроволочных прядей.

Литую сталь начинали использовать для производства канатной проволоки в 1870—1871 гг. Повышение прочности канатов стало возможным благодаря улучшению качества проволоки. Энциклопедический словарь «Гранат» в 1913 г. упоминает канаты, которые свивались из 300 тонких проволок и имели толщину до 40 мм, хотя могли достигать и 400 мм, как канат для висячего моста в Нью-Йорке. А через 40 лет в СССР сообщалось о канате из 17 500 проволок диаметром по 0,3 мм.

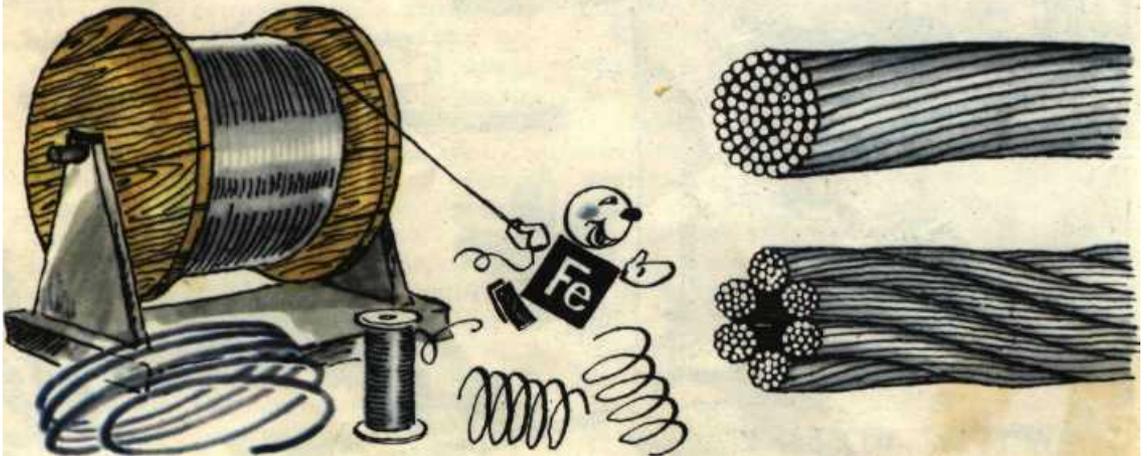
Россия проволочные канаты почти полностью импортировала. Пионером в создании отечественной сталепроволочной и канатной промышленности явился московский завод «Серп и молот». К 1940 г. эта отрасль промышленности полностью удовлетворяла потребности страны.

Есть необычные профессии каната. Оригинальный механизм — канатная пила для добычи мрамора и гранита — создан в лаборатории обработки камня ВНИИ нерудных строительных материалов и гидромеханизации. При использовании такой пилы значительно ускоряется добыча крупных блоков камня из горных массивов. Принцип действия пилы таков: приводная станция через систему блоков движет «бесконечной» длины стальной канат, который и врезается в камень. В качестве ускорителя используется абразивный порошок.

Стальные канаты, изготовленные из высокопрочной стали с временным сопротивлением на разрыв 120—210 кгс/мм², а иногда и до 350 кгс/мм², применяют на подвесных канатных дорогах. К 1900 г. было около тысячи грузовых канатных дорог, а сейчас многие тысячи. В дореволюционной России, начиная с 70-х годов XIX в., было построено более 100 грузовых подвесных канатных дорог, а теперь в СССР их многие сотни, только в Чиатурском бассейне более 50.

Первые пассажирские подвесные канатные дороги появились в 90-х годах XIX в., но возможности применения были ограничены из-за несовершенства тяговых устройств. В СССР первая такая дорога построена в 1941 г. В настоящее время лишь в

ПРОВОЛОКА И ЕЕ СЕМЕЙСТВО



одной Грузии функционирует 30 подвесных дорог.

Пионерами в области конструкций висячего типа оказались строители мостов. Использование стальных канатов позволило создать смелые технические сооружения.

Ванты — оттяжки из стального каната, которыми производится боковое крепление каких-либо конструкций. При сооружении вантового перехода (моста для труб газопровода) над Аму-Дарьей использовали предварительно напряженные вантовые элементы общей массой 250 т. Верхний пояс двух вантовых ферм состоит из 16 стальных несущих канатов и 4 дополнительных береговых канатов-оттяжек. Диаметр канатов 59 мм, длина 675 м, масса 10 т. Разрывное усилие каждого каната 225 тс.

Своеобразная конструкция 430-м моста, подвешенного на одном пило-не — массивном устое прямоугольного сечения, появилась в Братиславе (ЧССР). Ширина моста 20 м. Конструкция двухъярусного моста получилась очень изящной.

Одним из последних висячих мостов является мост через Босфор в Стамбуле. Шестиколейная проезжая часть моста шириной 33 м подвешена на высоте 64 м над уровнем моря на двух стальных канатах, протянутых

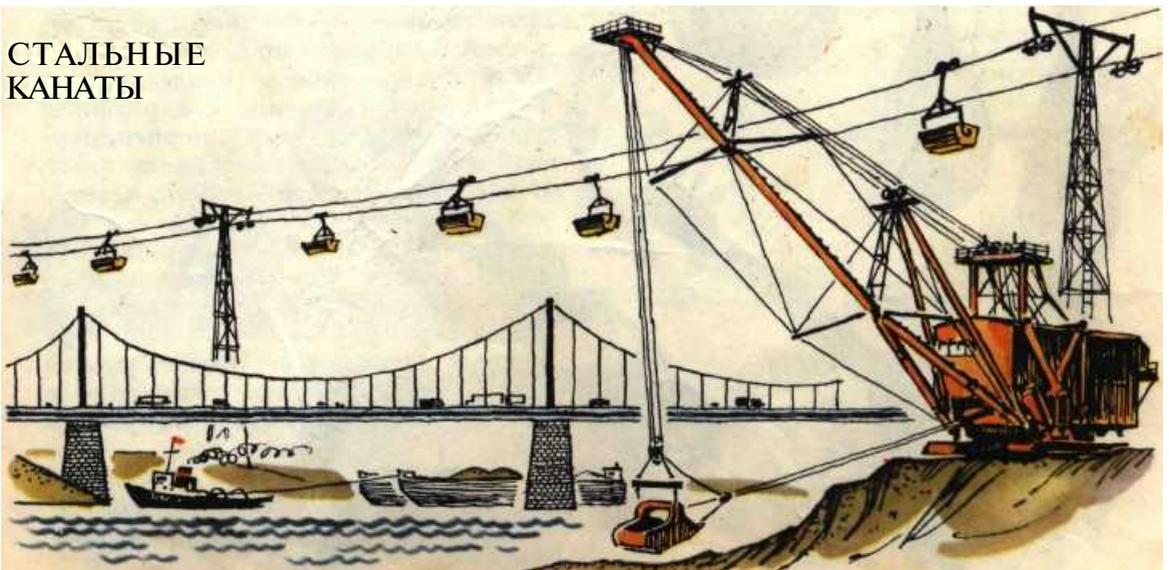
между 165-м пилонами. Висящая часть моста длиной 1074 м собрана из трехметровых полых стальных ячеек, к которым приварены дорожки для пешеходов. Толщина покрытия проезжей части моста всего 12 мм. Несущие канаты диаметром 60 см выдерживают нагрузку 28 000 тс и состоят из 19 отдельных тросов, каждый из которых содержит по 550 проволок диаметром 5 мм. Общая длина проволок составила около 50 000 км.

СТРУНА

Вы слушаете оперу Джузеппе Верди «Травиата» или Первый концерт для фортепьяно с оркестром П. И. Чайковского и восхищаетесь чудесным звучанием музыкальных инструментов. В это время вы не задумываетесь ни над обилием различных инструментов, ни над их историей и устройством. Однако своими богатыми звуковыми возможностями современный симфонический оркестр в какой-то мере обязан металлургии. Вспомним о струнах — этой поющей разновидности стальной проволоки.

Сразу оговоримся, не все струны изготавливаются из стальной проволоки. Они могут быть медные, жильные и даже капроновые и нейлоно-

СТАЛЬНЫЕ КАНАТЫ



СТРУНЫ



вые. Есть струны сложные — стальная основа обвита мягкой металлической проволокой, так называемой канителью, для изготовления которой применяют красную медь, серебро, сплавы меди и никеля и др. Но все-таки главным образом в современных музыкальных инструментах применяют стальные струны.

Какую же проволоку применяют для этих струн? Вероятно, музыкантов меньше всего интересует механическая прочность такой проволоки — зачем она для хрупких и нежных инструментов? Возможно, их интересуют какие-то особые, музыкальные свойства проволоки — мягкость, звучность? Однако в ГОСТе на проволоку для струн поражает именно требование высокой механической прочности.

Оказывается в таком инструменте, как фортепьяно струны натянуты с таким усилием, что его чугунная рама испытывает нагрузку в 20 тс! Рабочее удельное напряжение струн пианино, рояля, а также первой струны мандолины и домры доходит до 200 кгс/мм^2 , т. е. близко к пределу сопротивления на разрыв лучшей стали. Показатели на разрыв фортепьянной проволоки обычно составляют $235\text{--}260 \text{ кгс/мм}^2$. Оказывается, для струн требуется проволока крепче, чем для канатов!

Конечно, высокая прочность не единственное требование, предъявляемое к струнной проволоке. В частности, очень строго определен допуск по овальности сечения, т. е. разности величин двух взаимно перпендикулярных диаметров — не более 0,005. Исключительное значение придается упругости металла. В ГОСТе указано, что при разматывании проволоки с мотка она не должна свертываться в кольцо диаметром менее 400 мм. Число скручиваний двух рядом сложенных проволок по длине, равной ста диаметрам, и при натяжении в размере 2% от разрывного усилия должно быть не менее 18.

Вот какие строгие требования к струнной проволоке, ибо струны смычковых инструментов будут при-

годны в том случае, если они позволяют получить звук нужной силы.

Исследования свойств поющей стали продолжают металлурги, ученые, музыковеды. «Кузница» звуков рояля обеспечивает более 200 струн, и каждая имеет свой «голос» в зависимости от диаметра, длины и силы натяжения. Долго полагали, что звучание проволоки зависит в основном от ее натяжения и упругости. Однако оказалось, что продолжительность звучания прямо зависит от физических характеристик металла. Внутренняя его структура в конечном итоге определяет и все физико-механические свойства.

Удалось подробно изучить так называемую релаксацию — вытяжку струн. Для увеличения срока службы инструмента необходимо затормозить процесс релаксации, а главное — уравновесить этот процесс для всех струн.

Значит, нужна особая технология и режимы термообработки металла.

Струны используют не только в музыкальных инструментах. Свойство струны при разных натяжениях давать разные тоны учли инженеры при создании измерительных приборов, например струнных гальванометров. Рояльную проволоку используют для растянутых элементов биопланов.

Струны предварительно напряженных панелей — изделие не из самых сложных. Но все расширяющееся строительство в стране поглощает такое количество этой проволоки точно определенной длины с промежуточными и концевыми головками, что потребовалось создание специальных автоматических установок по производству строительных струн.

ГВОЗДЬ;

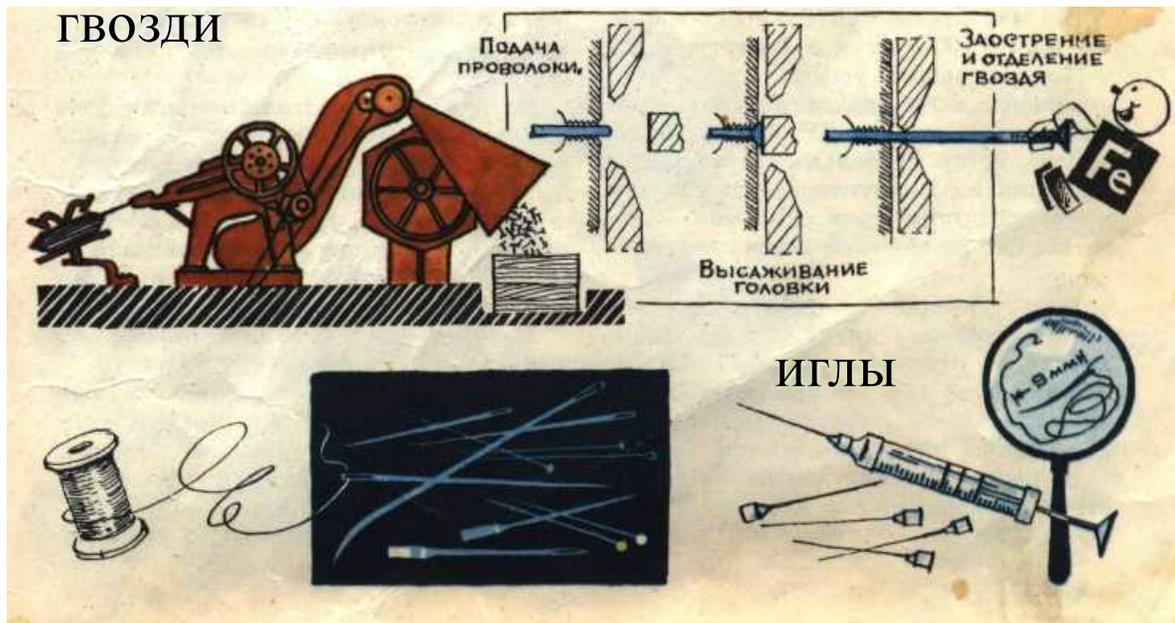
Сколько стоит гвоздь? Полтора столетия назад за горсть гвоздей в казахских степях можно было получить целого барана. Английский путешественник XVIII в. Д. Кук рассказывал, что туземцы Полинезийских островов охотно давали ему за один гвоздь пару свиней. А сейчас за гривенник продавец отвешивает целую пригоршню гвоздей.

Какое развитие металлургии потребовалось, чтобы стоимость железных изделий так снизилась!

Родословная гвоздя начинается с костей рыб и шипов колючих растений, которыми первобытные люди скрепляли части построек, орудий труда. Это подтверждает и сложная этимология слова.

Слово «гвоздь» — «заостренный стержень» по корню — праславянское. Гвоздь первоначально, вероятно,

ГВОЗДИ



ИГЛЫ

«лесистая возвышенность», «лес», затем «дерево», «кусоч дерева», «деревянный острый кол», «гвоздь из дерева», «гвоздь вообще».

Недаром жители о. Таити, еще не знавшие ни одного металла, пробовали сажать в землю гвоздики, привезенные Куком в надежде, что они прорастут и дадут новый урожай.

В традиционном своем обличье (заостренный металлический стержень со шляпкой) гвоздь появился в эпоху бронзовой культуры. В Египте, Греции, Риме делали литые и кованые медные, бронзовые и железные гвозди.

В Древней Руси кованые гвозди широко применялись в X—XIII вв., но производство их появилось раньше, ибо в этот период уже выделялись ремесленники-гвоздари.

Патент на первую машину для выделки железных гвоздей получил в 1606 г. англичанин Д. Бульмер, но в практику она не вошла. Только в 1790 г. Перкинс придумал действительно годную машину, которая после усовершенствования получила большое распространение в начале XIX в. Такие машины делали более сотни гвоздей в минуту.

Современное производство оснащено автоматическими гвоздильными машинами для получения проволочных гвоздей. На них изготавливают гвозди размером от 0,6X7 до 8X X250 мм. Производительность машины более 1000 штук в минуту.

Модернизация гвоздя, этой простейшей крепежной детали, происходит в наши дни. В ГДР приступили к производству мебельных гвоздей и шурупов из малоуглеродистой стали в тонкой полимерной оболочке — они не портят ржавчиной дорогую древесину.

Новые гвозди и шурупы обеспечивают более прочное соединение деталей. Например, сопротивление вывинчиванию у стальных шурупов с пластиковым покрытием почти на 80% выше, чем у обычных.

В Англии решили делать гвозди из стеклопластика. Они не уступают в прочности металлическим. Где най-

дут они применение? Тоже в производстве мебели, только судовой, поскольку она всегда подвергается воздействию сырости. А можно ли делать гвозди из металлической стружки? Обычно стружку отправляют на переплав. Однако английские инженеры нашли ей иное применение: после прессовки под давлением 6000 кгс/см² стружка превращается в плотную, почти не отличимую от сплошного металла массу, из которой получают неплохие гвозди. Вместо нее можно взять старые консервные банки — результат будет тот же.

ИГЛА

Игла — инструмент для шитья, которым прокалывают материал и протягивают нить. Это орудие, необходимое для изготовления одежды и обуви, было известно еще в древности. Еще тогда из рыбных и других костей изготавливали иголки с ушками, просверленными осколком кремния. Затем появились бронзовые иголки и булавки. При раскопках в районе Магдаленсберга (Австрия) среди найденных железных изделий 2000-летней давности обнаружены иглы, лезвия ножиц.

По мере развития искусства обработки металла, в частности с появлением волочения проволоки, иголки и булавки стали предметом значительного производства. Утверждают, что первые швейные стальные иглы в Европу доставили арабы.

В конце XIV в. стальные иглы уже изготавливались в Нюрнберге; раньше этого славились иголки испанские. В Англию это производство было перенесено немцами только в XVII в., хотя булавки там делали раньше, и в 1483 г. ввоз булавок был даже запрещен.

В Россию купцы-ганзейцы привозили иголки «любские», т. е. из г. Любека. Но потом их стали делать сами русские. Так, в 1677 г. по описи в одной Мещанской слободе Москвы было пять игольных мастеров. Но и задолго до этого на Руси знали иголку — ковали из бронзы и железа, а

в богатых домах пользовались дорогими серебряными иголками.

Долгое время иголки изготавливались вручную. Ушко делать мастера сначала не умели — попросту загибали кончик проволоки. В XIV в. французский мастер П. Аршал придумал для нужд игольного дела волоочильную доску. Это простое приспособление сразу изменило весь процесс изготовления игл, заколок, булавок.

Чертежи машины для производства игл создал еще Леонардо да Винчи, но делать их начали только в XIX в. в Англии. Появились различные приспособления, станки — игольное производство пошло в гору.

Сейчас изготовление иголок является довольно сложным процессом. Специальную игольную проволоку металлурги готовят из качественной углеродистой инструментальной стали, выплавленной в электропечи. Она должна быть светлой, гладкой, диаметром 0,25—5 мм. Проволоку отжигают в закрытых сосудах или в печах с нейтральной атмосферой, не допускающей окисления или обезуглероживания поверхности. Поставляется она потребителю в отожженном или нагартованном состоянии, без трещин, плен, раковин, ржавчины и других дефектов.

Иглы швейные машинные бывают прямые и изогнутые, с крючком на

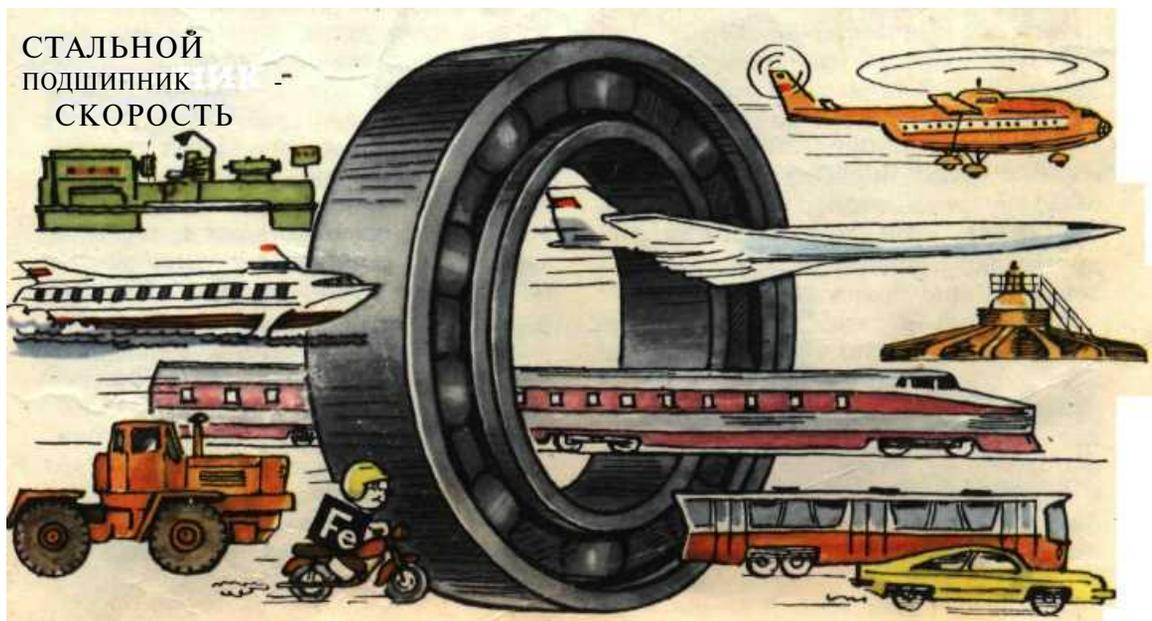
остром конце вместо ушка. Диаметр их 0,25—4 мм и различаются они по номерам: число равно диаметру иглы в сотых долях миллиметра (№ 60 — 0,60 мм; № 120—1,2 мм). Ручные иглы делятся по номерам с учетом длины и диаметра (№ 1—9 имеют толщину 0,6—1 мм и длину 30—50 мм).

Готовые иглы подвергаются строгому испытанию — проверке на изгиб и твердость. При изгибе до 10 град, швейная машинная игла не должна приобретать остаточную деформацию. Только при изгибе от 18 до 30 град, хорошая игла ломается. Ручная швейная игла должна ломаться только при изгибе на 30—40 град. Многие иглы никелируют.

Таким образом, материал для иголок должен быть высококачественным, и здесь требуется немалый труд металлургов. О сложности изготовления иголок говорит тот факт, что массовое производство их организовано только в семи странах мира. Вот почему они ценятся очень высоко на мировом рынке.

В заключении расскажем о двух своеобразных рекордах игольного производства. Самые маленькие в мире иголки для шитья изготавливают в ГДР. Их делают из нержавеющей стали под лупой. Диаметр иголки 0,28 мм, ушко имеет размеры 0,4 X 0,15 мм, а длина иголки 9—10 мм.

СТАЛЬНОЙ ПОДШИПНИК СКОРОСТЬ



Самые маленькие в мире хирургические иглы, которыми можно зашивать разрезы роговицы на глазу, изготавливают в Ихтерсхаузене (ГДР). Полукруглая игла длиной около 6 мм

может использоваться для 20 операций. Ее диаметр доли миллиметра. Необходимо немалое искусство, чтобы вдеть в эту иглу нитку из синтетического материала толщиной 0,03 мм.

ЖЕЛЕЗО НА ВОЙНЕ

Где кровь, там и железо.

Поговорка

СКОЛЬКО потрачено железа на ведение войн за всю историю? Если удалось бы подсчитать, то цифра была бы колоссальная.

Взять хотя бы данные последнего столетия. За первую мировую войну (1914—1918 г.), включая и подготовку к ней, было израсходовано не менее 200 млн. т стали, за вторую мировую войну — примерно 800 млн. т. Расход стали на военные нужды в ряде стран, например в Японии, составлял в годы войны 80—90% всего ее производства.

Еще в ранний период истории человечества железо играло значительную роль в исходе военных столкновений разных племен и народов. Преимущества того или иного государства в освоении железа или наличие в его распоряжении большого количества железного оружия определяло военное превосходство над противником. Подтверждением этому служат исторические примеры.

Завоевание малоазиатского побережья в XII в. до н. э. филистимлянами стало возможным во многом благодаря применению ими оружия из железа. Как показали археологи, охватываемый период был для филистимлян эрой железа, тогда как другие окружающие их народы пользовались еще бронзовым оружием.

Холодное оружие господствовало до появления пороха. В XIV в. началось бурное развитие артиллерии. На пушки и ядра требовалось много металла. Английский историк Д. Бернар отмечает, что применение пушек в битвах и осадах вызвало революцию в военном деле, сравнимую разве с той, что произошла в начале желез-

ного века, за 3000 лет до того, как появился железный меч.

Первые пушки были сродни обычным бочкам. Лить их целиком не умели и потому изготавливали из отдельных металлических листов, скрепленных обручами. До начала изобретения ядер пушки заряжали подходящими по размеру булыжниками. В то время имелся даже специальный «род войск» — собиратели булыжников.

Артиллерийские орудия того времени были необычайно тяжелыми. Масса осадного орудия — бомбарды XIV в. превышала 8 т. В Генте (Бельгия) была отлита знаменитая пушка «Бешеная Грета» калибром 64 см, длиной ствола 505 см, массой 16,4 т. В 1408 г. для тевтонских рыцарей была отлита пушка массой 10,4 т.

Русские мастера в XVI в. отливали громадные чугунные орудия. В 1554 г. в Москве была отлита пушка массой 20 т с диаметром дула 613 мм, а в 1555 г. изготовили другую чугунную пушку массой 17 т. Русские чугунные орудия вообще изумляли чужеземцев своими размерами. Посол императора Максимилиана II в 1576 г. писал из России, что некоторые из этих орудий так велики, широки и глубоки, что рослый человек в полном вооружении, стоя на дне орудия, не может достать его верхней части.

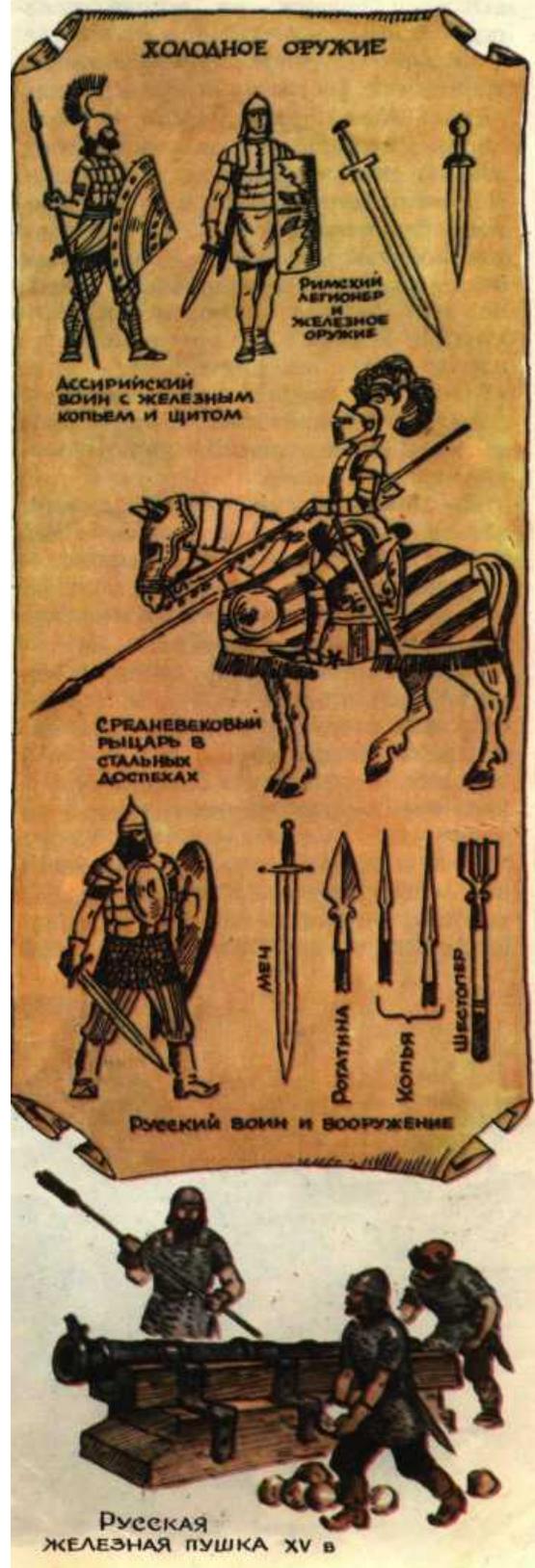
Более 60 лет проработал в Москве на Пушечном дворе мастер Андрей Чохов (умер около 1630 г.). Он отлил 1577 пищалей, пирог, пушки Троил, Скоропега, Аспид, Лев, Ахиллес. Но самым выдающимся творением замечательного мастера явилась Царь-пушка (1586 г.), установленная на

ОТ МЕЧАДО РАКЕТЫ

почетном месте в Московском Кремле. Весит она 2400 пудов (40 т), диаметр ствола 89 см, длина ствола — более 5 м, масса ядра — около 2 т; масса заряда — 480 кг. С момента появления литых бронзовых пушек в конструкции их не было сделано каких-либо ощутимых изменений. А пушек требовалось много. В 1720 г. английский флот имел 182 корабля с 9940 пушками. По мере роста торговли и флота увеличивалась потребность в вооружении, росли и предпрятия по его производству.

Сохранилось описание пушечного цеха Карронских заводов, сделанное одним из французских минералогов в 1796 г.: «Среди этих военных машин, этих страшных орудий смерти, расположены в подходящих местах гигантские подъемные краны, всякого рода ворота, рычаги, системы блоков, служащие для передвижения множества тяжелых предметов. Их движение, резкий скрип блоков, стук молотков, деятельность рук, пускающих в ход такое множество машин, — все это представляет зрелище столь же новое, сколько интересное... Этим мастерских так много, что воздух нагрет от них на далеком пространстве, и ночью все блестит огнем и светом, так что, когда замечаешь на некотором расстоянии такие массы пылающего угля, с одной стороны, а с другой, — снопы искр, вылетающих из доменных печей, когда слышишь стук тяжелых молотков, звонко ударяющих по наковальне, смешанный с резким свистом воздушных насосов, то не знаешь, находишься у подножия вулкана во время извержения, или уже ты каким-нибудь волшебством перенесен в пещеру, где Вулкан со своими циклопами кует молнии».

Вечным тормозом для развития артиллерии считалась металлургия: ни один из металлов не был, по существу, надежен. Каждое большое орудие могло в любой момент разорваться. В Тридцатилетней войне король Швеции Густав-Адольф эффективно применил чугунную пушку, но все же она была слишком хрупкой из-за



высокого содержания в ней углерода.

Литые чугунные пушки нередко подводили. В сражении при Трафальгаре (1805 г.) французский корабль «Грозный» капитулировал после того, как на нем взорвались две пушки. Немногим лучше были и пушки времен Крымской войны. Пробовали употреблять сварочное железо с очень низким содержанием углерода, но этот металл оказался слишком мягким. В 1844 г. во время морского парада на американском судне «Принстон» взорвалось 20-дюймовое орудие из сварочного железа, убив министров иностранных дел и военно-морского флота.

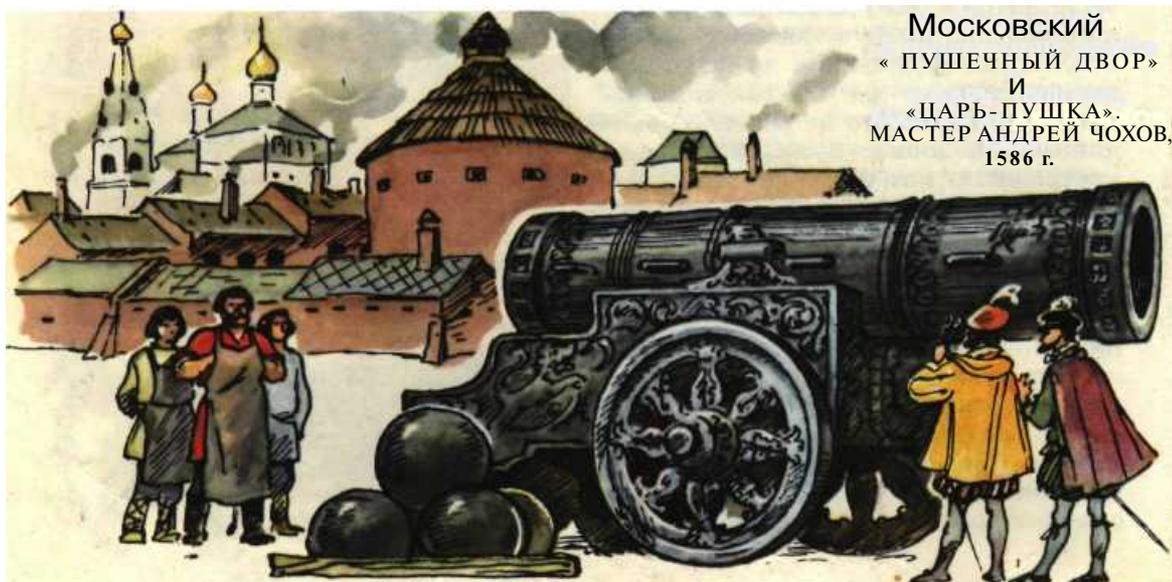
До 1860 г. чугун продолжал оставаться недорогим материалом для пушек. Чугунные стволы приходилось делать очень толстыми, поэтому орудия были тяжелыми. Например, пушка английского корабля «Виктория», стрелявшая 32 "фунтовыми ядрами, весила около 4–5 т. Масса составляла иногда до 15% от водоизмещения боевого корабля.

Весовым рекордом в области чугунной артиллерии служит уральская царь-пушка, отлитая в 60-е годы XIX в. на Пермском чугунно-пушечном заводе. Она на 300 пудов тяжелее чоховской пушки и весит 44,8 т. Масса круглого ядра 480 кг, пороховой

заряд ее 64 кг. Канал ствола 20-дюймового калибра выплавлен при помощи земляного стержня, в который была вставлена труба для циркулирования воды. У стенок канала ствола получился мелкозернистый чугун, прочность которого была втрое выше, чем в середине тела ствола.

При испытании пушка произвела 314 выстрелов, что выявило ее хорошие боевые качества. Однако в боях этой пушке не пришлось участвовать. Дело в том, что вскоре на смену чугунным орудиям в русскую артиллерию пришли стальные пушки с нарезными стволами — более легкие, маневренные, дальнобойные. Пушка-гигант, предназначенная для береговой артиллерии на Балтийском море, так и осталась в Перми как памятник литейному искусству уральских мастеров.

На смену чугуна пришел новый пушечный металл — сталь. Уникальная стальная пушка была отлита в 1860 г. на Князе-Михайловской оружейной фабрике в Златоусте. Орудие 12-фунтового (по массе заряда) калибра блестяще выдержало испытание в 4000 выстрелов и на Всемирной выставке в 1862 г. в Лондоне было удостоено золотой медали. Сейчас оно находится в Военно-историческом музее артиллерии, инженерных войск и войск связи в Ленинграде.



МОСКОВСКИЙ
«ПУШЕЧНЫЙ ДВОР»
И
«ЦАРЬ-ПУШКА».
МАСТЕР АНДРЕЙ ЧОХОВ,
1586 г.

Ежедневно ровно в полдень над Невой гремит артиллерийский выстрел. Начало этой традиции положено залпом с Главного адмиралтейства 6 февраля 1865 г. Вскоре пушка «переехала» в Петропавловскую крепость—там ее первый залп прозвучал 24 сентября 1873 г.

Главный выстрел этой гладкоствольной пушки 60-фунтового калибра раздался в памятный вечер

25 октября (7 ноября) 1917 г. в 21 ч 45 мин, что послужило сигналом для исторического залпа «Авроры».

Полуденный залп не звучал со 2 июля 1934 г. по 24 июня 1957 г., когда решением исполкома Ленгорсовета традиция возобновилась. 6 октября 1973 г. пушка отмечала столетие своего новоселья. А сейчас она отсчитывает седьмую тысячу выстрелов на мирном огневом рубеже.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИДЕИ В МЕТАЛЛЕ

Сначала в строительстве использовались отдельные металлические конструкции и лишь появление в XIX в. новых строительных материалов — стали, стекла, железобетона привело к коренному изменению конструктивных форм зданий. В Европе и Америке появились сооружения — настоящие шедевры строительного и инженерного искусства.

Одним из ранних и замечательных сооружений, выполненных из чугуна и железа, по праву считается стеклянный дворец «Кристалл-палас». Сооружение его было приурочено ко Всемирной выставке в Лондоне в 1851 г. На конкурс было представлено 240 проектов главного корпуса выставки, но все они были отклонены, ибо не удовлетворяли основным усло-

виям — дешевизне и новизне решения. Приняли 241-й проект садовника Ж. Пэкстона, который до этого специализировался на постройке оранжерей.

Главное здание выставки длиной 563 м и шириной 124,5 м заняло в Гайд-парке огромную площадь в 69 тыс. м². Только при помощи металлических конструкций и можно было построить такое громадное здание: поверхность остекления в нем была 81 тыс. м² и намного превышала площадь, занимаемую зданием. Стекла крыши для предохранения от града были покрыты холстом и это послужило поводом для названия здания—«Хрустальный дворец».

Сочетание металла и стекла открыло новую эпоху в строительстве.



203мм. ГАУБИЦА



МНОГОСТВОЛЬНАЯ РЕАКТИВНАЯ УСТАНОВКА

Архитекторы и инженеры нашли широкое поле для совместной творческой деятельности. Отныне многие крупные торговые здания в Европе и Америке стали строиться по образцу «Кристалл-паласа».

Примером может служить старейший парижский универмаг «Бон Марше», построенный в 1876 г. Здание представляет собой смело рассчитанную каркасную железную конструкцию. Фасад магазина — обычное бессмысленное нагромождение пилястр, колонн, арок и пошлой декоративной лепнины. Эмиль Золя, описывая гигантский универмаг «Дамское счастье», имел в виду «Бон Марше». Вот как он отмечает особенности архитектуры огромного здания-рынка: «Это напоминало вокзал, обрамленный перилами этажей, перерезанный тысячами лестницами и пересеченный воздушными мостами. Железные лестницы в два оборота, смело извиваясь, пестрели площадками; железные мостики, переброшенные в пространстве, вытягивались в вышине прямыми линиями; при матовом свете, лившемся через стеклянную крышу, все это железо превращалось в легкую архитектурную затею, в сложное кружево, пронизанное светом, в современное воплощение сказочного дворца, в вавилонскую башню с наслоениями этажей, с широким простором зал, с видом на необъятные просторы других этажей и других зал. Действительно, железо царило всюду, молодой архитектор смело и откровенно не прикрыл его даже слоем краски, не пожелав придать ему видимость дерева или камня... лестницы с перилами, обитыми красным бархатом, были отделаны резным полированным железом, блестящим как стальные латы».

В России тоже было построено немало общественных зданий с оригинальным инженерным решением по применению металлических конструкций. Из них наиболее значительной и прогрессивной конструкцией, смело сочетающей инженерное решение с архитектурной композицией, выполненной из чугуна и желе-

за, ^явились строение купола Исаакиевского собора в Петербурге, сооруженного по проекту архитектора А. Монферрана в 1818—1858 гг.

По первоначальному замыслу купол предполагалось выложить из кирпича, как в лондонском соборе Св. Петра, возведенном в конце XVII в. Но Монферран в последний момент отказался от кирпича и, проявив незаурядную изобретательность, предложил выполнить конструкцию купола в чугуне и железе. Строительная техника того времени не знала подобных конструкций. Автор проекта в целях создания более долговечного, легкого и дешевого купола предложил коническую и сферическую часть покрытия диаметром 22,15 м, имеющим в основании общие опоры, сделать из 24 чугунных ребер. Постройка купола была закончена в 1842 г.

ЭЙФЕЛЕВА БАШНЯ

Столетие французской революции 1789 г. было решено отметить Всемирной выставкой в Париже. В 1885 г. был объявлен конкурс на лучший проект сооружения, которое явилось бы эмблемой всей выставки. Жюри получило 700 проектов. На рассмотренные оставили лишь 18.

Самый смелый проект, грандиозное сооружение в виде металлической башни высотой 300 м представил инженер Густав Эйфель (1832—1923 гг.). Однако проект даже известного в то время инженера-строителя вначале был признан неосуществимым, бесполезным и безрассудным. А ведь Эйфель к тому времени имел немалый опыт. Он построил ряд мостов, виадуков и других сооружений, широко используя при этом металлические конструкции.

Его называли «королем металлической арматуры».

Эйфель отстоял свой проект, доказал его реальность.

Металлическая башня была задумана конструктором как символ XIX столетия — века железных дорог, гигантских стальных мостов,

доменных печей. Над ним в конторе Эйфеля работало 400 человек.

В конце января 1887 г. на Марсовом поле начались земляные работы по устройству основания башни. Но это было необычное строительство. Оно велось под охраной полиции! Дело в том, что толпы разгневанных парижан приходили на Марсово поле и высказывали свое возмущение. Им казалось, что эта башня испортит вид прославленного города. Сорок видных представителей французской интеллигенции выступили в прессе с письмом-протестом. Среди подписавших это гневное письмо были композитор Шарль Гуно, писатели Ги де Мопассан, Александр Дюма и др.

Однако и у Эйфеля были сторонники. Писатель Эмиль Золя одобрял и поддерживал строительство золотисто-серебряной Эйфелевой башни.

Между тем башня росла. Строители работали по 10—11 ч в сутки. Большинство работ выполнялось вручную. Но здесь впервые использовались и некоторые технические новинки. Большие детали башни изготовлялись на заводе и собирались на стройке при помощи паровых кранов, расположенных на разных горизонтах. Так детали и передавались от крана к крану, все выше и выше. Строительство продолжалось два года, два месяца и два дня.

В законченном виде башня явилась колоссальным сооружением из металла высотой 300 м (теперешняя высота башни вместе с надстройками 326 м). На ее сооружение потребовалось 15 тысяч стальных деталей, два с половиной миллиона болтов. Ее масса составляла 7500 т, из них 7000 т приходилось на металлическую часть. Она была построена так прочно, что колебания верхней ее части во время сильного ветра не превышали 15 см.

15 мая в 11 ч. 30 мин. открылся публичный доступ на башню. Надежды Эйфеля оправдались полностью. Сооружение завоевало сердца парижан. Башня, как символ Франции, стала украшать первые страницы путеводителей по стране, официаль-



ные документы, почтовые марки и открытки.

Башня Эйфеля явилась настолько смелым инженерным решением, что многие техники того времени не принимали ее всерьез. Один из них писал: «Эйфелева башня, по замыслу, представляет спекулятивный каприз промышленности».

Действительно, башня строилась с рекламными целями и служила в основном для получения прибыли — к концу выставки сбор от входной платы на башню перекрыл все расходы на постройку, достигавшие 5 млн. франков. Однако ее сооружение явилось поучительным примером продуманности и организованности всего строительства. В арсенал строительной техники прочно вошли металлические конструкции.

Башня по-прежнему остается одним из самых смелых и прогрессивных созданий инженерной мысли, до сих пор вызывая сильное впечатление высотой, ажурной ясностью конструкций, стремительным взлетом всего силуэта.

В первые годы своего существования башня не имела практического применения. Но с развитием радио, телевидения башня превратилась в прекрасную антенну. В конце прошлого века с нее проводились первые во Франции радиопередачи.

В 1909 г. были попытки демонтировать сооружение. Но башню оставили. Во время первой мировой войны благодаря антенне на вершине башни было перехвачено важное сообщение врага, что способствовало победе французов в сражении на Марне. Париж спас свою башню, а башня спасла Париж.

Радио Эйфелевой башни в 1922 г. передало первый концерт. Через три года Э. Белен проводил здесь свои эксперименты по телевидению.

Американские газеты в 1928 г. сообщили, будто бы знаменитая башня насквозь проржавела и грозит обвалиться, вследствие чего ее придется сломать. Пришлось срочно организовать обследование башни. Было установлено, что о ржавлении не может

идти и речи: башня обладает поистине железным здоровьем. Ее конструкции покрыты плотным и прочным слоем краски, который защищает металл от влияния окружающего воздуха. Башню красят каждые семь лет, расходуя при этом по 40 т краски.

Однако ведутся поиски еще более надежных покрытий, ибо на процесс коррозии башни влияет рост автомобильного движения в Париже. Некоторые скептики даже высказывают мнение, что лет через тридцать конструкции башни превратятся в порошок. К городским властям поступают предложения продать башню на металлолом. Оптимисты же готовы мобилизовать все силы для сохранения уникального сооружения. Для изучения процессов коррозии используются новейшие методы и приборы. Башня уже сейчас окрашивается наиболее стойкими красками. Большие надежды возлагаются на полимерные покрытия.

Башня продолжает свою жизнь. Теперь на ее вершине размещаются радио- и телеантенны, прожектор, метеорологические приборы, измерители радиоактивности и атмосферного загрязнения. Эйфелева башня и сейчас одно из самых выдающихся сооружений во славу железа как строительного материала. Она, утверждают французские специалисты, находится в удовлетворительном состоянии и способна простоять еще столетие.

НЕБОСКРЕБЫ Л

Опыт строительства Эйфелевой башни использовали в создании американских небоскребов. Большой чикагский пожар в 70-х годах прошлого века дал толчок к появлению нестораемых домов с железным каркасом — первые такие дома появились в 1874 г.

Полагают, что первый в мире небоскреб был построен в 1885 г. в Чикаго. Здание со стальным каркасом в то время считалось гигантским — в нем было девять этажей. Но рекорд недолго продержался. Дом высотой

в 20 этажей построили в Чикаго в 1893 г. В Нью-Йорке появилось здание высотой в 30 этажей в 1902 г., а спустя пять лет, там же соорудили 47-этажное здание фирмы «Зингер», в 1910—1913 гг. возвели здание в 55 этажей.

Первенство среди всех высоких зданий долго держал небоскреб «Эмпайр Стейтс Билдинг». «Великая леди Манхэттена», как шутливо называют небоскреб жители Нью-Йорка, занимает целый квартал в центральном районе города — Манхэттене, имеет общую высоту 381 м, считая венчающую ее радиотелевизионную мачту. Постройка продолжалась всего 19 месяцев, включая разборку 15-этажного здания, стоявшего ранее на участке. Монтаж стального каркаса массой 60 000 т продолжался всего шесть месяцев. Первого мая 1931 г., в день торжественного открытия здания, президент США Гувер, нажав кнопку в Вашингтоне, включил все огни «Эмпайр Стейтс Билдинг», превратив его в гигантскую сияющую колонну высотой в 102 этажа.

Здание было построено в годы экономической депрессии и лишь в 1942 г. под все его комнаты удалось найти арендаторов. Во время войны «Великая леди» получила «боевое ранение»: в 79-й этаж здания врезался американский бомбардировщик.

После войны «Великая леди» несколько раз меняла своих хозяев и продавалась с каждым разом все дороже. Строительство небоскреба обошлось в 47 млн. долларов, а последний раз он был продан за 100 млн. долларов.

На сегодняшний день «Эмпайр Стейтс Билдинг» занимает уже четвертое место по высоте среди небоскребов. Стремление к престижу стало движущей силой нового акта «высотной драмы» американских городов — новой гонки сверхвысотных сооружений, развернувшейся к началу 70-х годов.

В декабре 1970 г. вступила в строй первая из двух 110-этажных башен Всемирного торгового центра в Нью-Йорке. В обоих зданиях могут одно-



Строится НЕБОСКРЕБ

временно находиться до 130 тысяч человек. Их высота 411 м недолго оставалась рекордом.

110 этажей небоскреба «Сиерс тойер», построенного в Чикаго в 1971—1973 г., поднялись на высоту 442 м. На 103-м этаже, на высоте 415 м, находится смотровая площадка. Отмечается оригинальность проекта: все здание состоит как бы из квадратных труб, поставленных вертикально. Каждая из них — прочная жесткая конструкция — представляет собой отдельное здание со стороной примерно 23 м. Соединенные вместе, девять квадратных труб образуют основу здания, его нижнюю часть.

При таком принципе строительства достигается значительная экономия стали — на сумму около 10 млн. долларов. Архитекторы ограничили высоту девяти труб нижней части 50 этажами. Еще две трубы закончились на высоте 66-го этажа. Две последующие на высоте 89-го. До последнего, 110-го этажа дотянулись лишь две трубы. Так получился ступенчатый силуэт башни.

Американские градостроители озабочены «небоскревной лихорадкой». На Манхэттене в Нью-Йорке снесены многие ветхие дома, на их месте различные фирмы возводят несколько десятков 50—80-этажных небоскребов, находящихся на разной стадии готовности.

Строительные специалисты утверждают, что небоскребы способствуют перегруженности улиц в близлежащих районах и чрезмерной густоте населения. У подножия гигантских зданий дуют сильные ветры, которые часто мешают пешеходам на соседних улицах. Небоскребы затрудняют воздушное сообщение, нарушают перелеты птиц, вредно влияют на прием телепередач. Особенно опасны пожары в них.

Споры о небоскребах ведутся и в других странах. Первый небоскреб 147 м в Токио появился в 1968 г. С тех пор высотные дома в столице Японии растут как грибы: необычайно быстро и без всякого порядка. Иногда два-три небоскреба закрыва-

ют солнце для целого квартала. Первый небоскреб в тропической Африке намечено построить в столице Заира Киншасе. Здание в 40 этажей будет иметь высоту 146 м. На вершине башни будет плавательный бассейн.

У Эйфелевой башни в 1973 г. появилась соперница. На Монпарнасе возведена 209-м громада, одетая в сверкающее «платье» из стекла и стали. Рождение 58-этажной башни многие парижане встретили ворчанием — они привыкли к классическим очертаниям родного города. «Монпарнас, традиционный квартал художников и поэтов, — сетовала одна газета, — утратил свою душу».

Большинство западных специалистов считают, что практически нет смысла забираться выше 50—60 этажей. Более высокие здания нерентабельны. О тех, кто остается в тени небоскребов, не говорят.

ОСТАНКИНСКАЯ ИГЛА

Высотные сооружения" типа башен имеют разное назначение, в том числе инженерное — в качестве радио- и телевизионных башен. К выдающимся образцам, кроме башни Эйфеля, относят стальную радиобашню оригинальной конструкции инженера В. Г. Шухова в Москве (1921 г., 148 м). Изобретатель создал свою простую и высокоэкономичную сетчатую конструкцию — «паутину» из стали.

Почти копия Эйфелевой башни появилась в 1958 г. в Токио: высота 333 м, а масса стальных конструкций 4000 т за счет применения высокопрочной стали. Она кажется прозрачной, потому что в наше время сталь прочнее и балки тоньше, чем во времена Эйфеля. Скоростной лифт за одну минуту поднимает на первую площадку—150 м. Потом по красивой железной лестнице можно подняться выше.

Одной из интересных достопримечательностей Берлина является 365-м телевизионная вышка. Два скоростных лифта большой грузоподъемности доставляют любителей «заоблачных высот» в огромный шар

из стали и стекла, находящийся на высоте 203 м. Здесь расположена смотровая площадка и вращающееся кафе на 200 мест. Общая масса всей башни 26 000 т. Только в одном шаре с площадкой и кафе 600 т стальных конструкций.

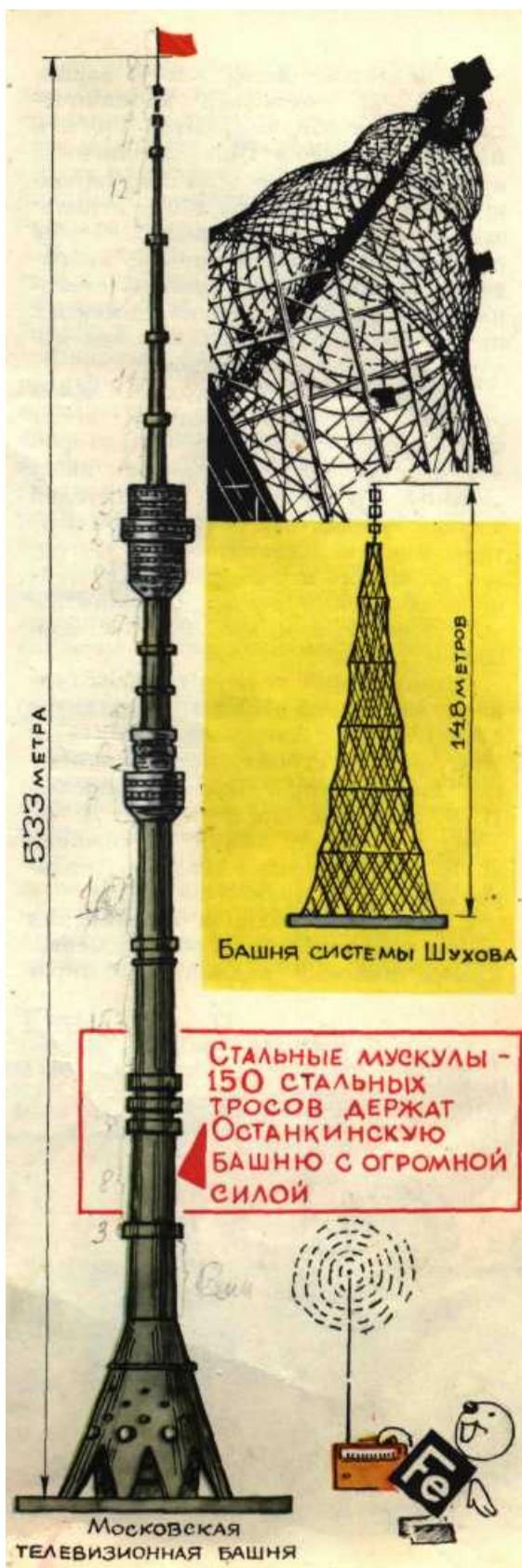
В Ленинграде возведена 315-м телевизионная башня из металла. Основа башни — ствол, в центре которого два скоростных лифта. Но самое примечательное в этой башне то, что она весит в шесть раз меньше Эйфелевой и втрое меньше токийской, хотя все они почти одной высоты. Достигнуто такое уменьшение массы благодаря использованию сварных конструкций и трубчатых элементов, а самое главное — особому строению ствола башни в виде решетчатой шестигранной пирамиды из стальных труб.

В 1967 г. высотное первенство заняла Останкинская игла. Общая высота 533 м (плюс 4 м флагшток). Масса более 32 000 т, диаметр внизу 63 м, вверху 70 см. Необычна конструкция этого великана среди сооружений.

Башня возведена на монолитном кольцевом железобетонном фундаменте шириной 9,5 м, высотой 3 м и диаметром 74 м. В десятиугольной железобетонной ленте фундамента создана система кольцевой напряженной арматуры. Она состоит из 104 пучков, в каждом пучке по 24 стальных проволоки диаметром 5 мм. Каждый пучок натянут гидравлическим домкратом с силой 60 тс. Фундамент обеспечивает устойчивость башни на опрокидывание с шестикратным запасом.

Стальные мускулы 150 канатов толщиной по 38 мм держат Останкинскую башню с огромной силой.

Основное назначение стальных канатов уменьшить деформацию от ветровых нагрузок и от одностороннего солнечного нагрева. Поэтому канаты расположены на расстоянии 50 мм от внутренней поверхности ствола. Каждый канат — «коса», сплетенная из 269 проволочек диаметром по 1,8 мм. Разрывное усилие одного каната 120 т, а их 150 штук. Башню постоянно сжимает гигантское усилие.



На железобетонной части башни установлено несколько металлических антенн общей высотой 148 м и массой более 300 т. Они выполнены в виде стальных труб. Для обслуживания антенн до высоты 470 м используется специальный лифт. Чтобы осматривать и демонтировать вибраторы, периодически красить стальные конструкции антенн, имеются шесть площадок с перилами, где могут подвешиваться люльки.

На высоте 337 м находится трехэтажный ресторан «Седьмое небо» и смотровая площадка, с которой 400 человек могут обозревать нашу столицу. К услугам посетителей четыре скоростных лифта — за полторы минуты доставят они к смотровой площадке и ресторану. Для лучшего обозрения ресторан вращается вокруг оси башни, делая за час один оборот.

Останкинский телецентр обеспечивает надежный прием в радиусе 120—130 км. Авторами проекта и участниками строительства являются конструктор башни инженер Н. В. Никитин, архитекторы Д. И. Бурдин, М. А. Шкуд, инженер Л. Н. Щипакин. Они стали лауреатами Ленинской премии за 1970 г.

С развитием радио и телевидения растет число высотных рекорсменов. Самые высокие радиомачты мира:

мачта Фараго в США (628 м), мачта радицентра в Константынове (ПНР, 646 м). Польская стальная антенная мачта состоит из 86 звеньев общей массой 420 т. Звенья сделаны из стальных труб сечением 245 и 133 мм с переменной толщиной стенок. Мачта опирается в одной точке на изолятор внушительных размеров и удерживается несколькими ярусами стальных оттяжек. Внутри мачты — лестницы и грузопассажирский лифт.

СТАЛЬНЫЕ ОСТРОВА

В морском дне геологами найдены запасы нефти. Ее добывают в Мексиканском заливе и Карибском море, у берегов Южной Америки и около Аляски. Но там вышки стоят на берегу и лишь наклонные скважины берут нефть из-под дна морского. А вот в СССР появились нефтяные промыслы прямо в море. Это известные всему миру Нефтяные Камни на Каспийском море, в 40 км от Апшеронского полуострова.

17 июня 1975 г. отмечалось двадцатипятилетие основания Нефтяных Камней. Когда сюда прибыли первые разведчики, здесь были лишь верные скалы и остатки разбившихся кораблей. Сейчас Нефтяные Камни известное промышленное предприятие, расположенное на эстакадах длиной

НЕФТЯНЫЕ
ВЫШКИ
в МОРЕ



ПЛАВУЧАЯ
БУРОВАЯ
УСТАНОВКА



более 300 км и на отдельных искусственных островах. Это сотни скважин, резервуары, спортивные площадки, Дом культуры, магазин, школа, первый многоэтажный каменный жилой дом.

Если за четверть века стволы буровых скважин не углублялись далее 2000 м, то теперь бурится самая глубокая морская скважина на глубину 4200 м — там, по мнению специалистов, находятся содержащие нефть мезозойские отложения.

Стальные острова появляются и в других местах. С искусственных островов, расположенных на сваях, или плавучих, таких как Нефтяные Камни на Каспийском море, проводится и намечается разведочное бурение на нефть и в других морях.

Рукотворный стальной остров по-явится недалеко от сахалинского г. Оха на Охотском море. Оригинальная конструкция основания острова обеспечит ему большой запас прочности.

Постоянный рост нефтяной индустрии морей отмечается за последние 10—15 лет во всем мире. Уже 45 стран мира проводят работы в открытом море, используя более двухсот плавучих буровых оснований и установок. На морские месторождения приходится около 20% мировой добычи нефти.

Все новые гигантские установки для бурения нефтяных скважин появляются в разных странах. Японская компания «Муцубиси дзю когио» строит платформу длиной 120 м и шириной 80 м, поднятую над уровнем моря на 40 м.

В Норвегии в г. Ставенгер сооружается платформа, которая будет обслуживать более 40 скважин. Масса ее 200 000 т, высота с 50-этажный дом.

Финская фирма «Риума-Рипола» разработала буровые платформы водоизмещением от 7 до 15 тыс. т, обеспечивающие проведение работ на морских глубинах от 200 до 1000 м с глубиной скважин до 8—10 км. Плавучие острова имеют "рабочие площадки размером 100X100 м.

Сейчас в мире действует более 250 морских буровых установок. И хотя каждая обходится в огромную сумму, спрос на них стремительно растет.

СМЕЛЫЕ ПРОЕКТЫ

Освоение океана является новой перспективной областью применения стали. Значительные количества ее будут использовать на морских промыслах нефти и природного газа, добыче ископаемых со дна океана, в создании рыболовных хозяйств, строительстве опреснительных установок и электростанций, используя

СМЕЛЫЕ ПРОЕКТЫ

«ПАРЯЩАЯ СИСТЕМА»-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОПОР И ПЕРЕКИНУТЫХ МЕЖДУ НИМИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ. АРХ. КЕНЗО ТАНГЕ

ИСКУССТВЕННЫЙ ОСТРОВ по ПРОЕКТУ ПОЛЯ МЭЙМОНА



щих энергию океана, намыве площадок в море, строительстве различных плавучих сооружений, причалов, подводных туннелей, объектов морского туризма, а также для изготовления судов и оборудования для морского строительства. Океан становится новым рынком стали. Потребление стали для освоения океана только в Японии в ближайшие годы составит около 50 млн. т.

Появилось немало смелых проектов, осуществление которых возможно только благодаря применению металлических конструкций гигантских размеров. Все настойчивее предлагаются различные проекты плавящихся городов — в Японии, Англии, США.

Первый плавучий город спроектирован американскими инженерами. Искусственный остров укрепят на 30 бетонных поплавках высотой по 70 и диаметром 27 м. В поплавке разместятся электростанция, баки для пресной воды и горючего, фабрика для переработки мусора. На верхней платформе — жилые дома, здания банков и учреждений. Предусмотрен аэродром для вертолетов.

Судоостроительные фирмы Японии предложили проект плавящихся островов в виде огромных стальных платформ водоизмещением от 1 до 10 млн. т. На них можно разместить фабрики и заводы.

Английские и голландские фирмы разработали конструкции резервуара для хранения нефтепродуктов и загрузки их в танкеры на морских промыслах. Нефтехранилище состоит из трех цилиндрических частей, расположенных друг над другом. Нижняя, высотой 98 м и диаметром 29,3 м, предназначена для хранения нефтепродуктов. В средней части размещаются насосные и другое оборудование, а в верхней — водолазное снаряжение, управляющие устройства, жилые помещения и якорные приспособления.

Движение между Токио и Осака возрастает в таком стремительном темпе, что недавно возник проект соединения двух городов гигантским

транспортером. «Лентострада» длиной 250 км будет работать круглые сутки, перевозя со скоростью 30 км/ч грузы в контейнерах массой 600 кг. Сейчас уже работает модель такого транспортера.

А в СССР уже становится реальностью подобный проект движущегося тротуара, предназначенного для нового аэропорта в Ленинграде. Пассажирский конвейер представляет собой стальную, обрешеченную с двух сторон ленту. Четыре таких тротуара длиной 170 м каждый будут доставлять пассажиров из главного корпуса аэропорта в здания, расположенные вблизи летного поля. Они по специальному тоннелю со скоростью 90 см/с будут передвигаться по движущейся ленте к зданию нужной авиалинии. Тротуар огражден такими же, как в метро, перилами. Ширина его 80 см.

Бельгийский инженер Феврие выдвинул проект автомобильной дороги из стальных конструкций. Автор проекта предлагает использовать для этого трассы магистральных железных дорог, над которыми в два этажа на стальных опорах можно построить современное шоссе. Построить такую дорогу, считает автор, можно в три-четыре раза быстрее, чем обычную.

Еще один из проектов, на этот раз из области воздушного транспорта. Английская фирма «Джон Уэст дизайн ассошиэйтс» построила модель летающего аппарата, по форме похожего на «летающую тарелку». Эта модель диаметром 10 м имеет по окружности несколько двигателей. Внутри нее заключены пластмассовые баллоны с гелием. В испытательных полетах он будет управляться по радио с земли.

В случае успеха испытаний фирма намерена построить для коммерческой эксплуатации «летающую тарелку» диаметром 230 м и массой 800 т. Конструкторы утверждают, что она будет развивать скорость 160 км/ч. На ее борту можно будет разместить 1600 пассажиров и 400 т груза.

Такова роль металла в осуществлении строительных идей настоящего и будущего.

МЕТАЛЛ НА ВСЕМИРНЫХ ВЫСТАВКАХ

В середине XIX в. начали проводиться всемирные выставки с участием многих стран. Путь от первой Всемирной выставки 1851 г. в Лондоне до выставки 1975 г. в Окинаве отражает прогресс, достигнутый человечеством во многих сферах деятельности, в том числе и в металлургии.

Для выставки 1851 г. был сооружен стеклянный дворец «Кристалл-палас».

Самыми интересными экспонатами считались машины. Начинаясь период машиностроения, росла потребность в металле. Европейские промышленники соперничали друг с другом в производстве самого крупного слитка тигельной стали.

Английские фабриканты из города Шеффилда привезли слиток массой 2700 фунтов (1080 кг.). Однако в последний момент на выставке появился слиток-монстр, вызвавший подлинную сенсацию. Его представил малоизвестный в то время немецкий промышленник Крупп. Слиток весил 150 пудов (2,4 т) и был получен при одновременной заливке стали из 98 тиглей. Как сообщалось в прессе, на шеффилдских фабрикантов этот кусок стали произвел такое впечатление, как если бы кто-нибудь показал им бриллиант в несколько фунтов.

Россия представила 363 экспоната. Наибольшее впечатление на посетителей произвели изделия из драгоценных металлов и камней.

«Некоторые из казенных заводов, — писали о выставке в русской периодике, — имеют здесь свои весьма поучительные геологические и металлические коллекции, заслуживающие всеобщее внимание систематичностью, с которой они составлены, и нет никакого сомнения, что эти коллекции займут после выставки почетное место в музеях Англии. Листовое железо и листовая медь частных наших заводов первенствуют в числе однородных предметов, выставленных другими государ-

ствами. Листовое железо госпожи Пономаревой пользуется совершенным и неоспоримым одобрением, а колоссальные медные листы гг. Демидовых поражают всех своей огромностью».

За медь и железо тагильские заводы (Урал, владелец Н. Демидов) получили три бронзовые медали. •

На открывшейся в 1855 г. в Париже Всемирной выставке было представлено 21 тыс. экспонатов.

В разделе железных изделий снова отличился Крупп, теперь уже известный промышленник. Когда члены жюри обходили стенд, слиток массой 300 пудов (4,8 т) внезапно провалился сквозь деревянный пол павильона и, грохнувшись в подвал, превратил все, что там было в сплошное месиво. Знавшие Круппа промышленники заподозрили здесь рекламный трюк. Если это верно, то трюк удался, ибо эксперты, исследуя обломки крушения, пришли в восторг от качества металла. Крупп привозил на выставку и пушки. Здесь была его 12-фунтовая (по массе снаряда) стальная пушка, не имевшая после 3000 выстрелов ни одной царапины в канале ствола.

Ни один из промышленных отделов выставки 1862 г. в Лондоне не наделал столько шума и не щеголял такими новинками, как отдел железного производства.

На выставке впервые появились огромные массы прокатного железа в виде броневых плит, для только что начинавшегося тогда броненосного судостроения. Английский заводчик Армстронг показал свои новые железные орудия, возбуждавшие всеобщее изумление. Крупп представил болванку литой стали в 1200 пудов (19,2 т), английский металлург Бессемер показал впервые образцы стали, полученной по его способу. На большом стенде размещались валы, проволока, инструменты, холодное оружие. Выставка принесла Бессемеру признание его процесса.

Хорошо была представлена металлургия и в русском павильоне. Наиболее примечательным экспонатом явилось стальное орудие 12-фунтового калибра, изготовленное в Златоусте горным инженером П. М. Обуховым из болванки массой 32 пуда и 35 фунтов. На выставке орудие было отмечено золотой медалью.

В 1867 г. на выставке в Париже Крупп представил слиток массой 2400 пудов (38,4 т). Осторожное жюри настаивало на укреплении пола. Чтобы получить такое количество металла, надо было держать в печах не менее 1500 тиглей емкостью по два пуда каждый, и, следовательно, иметь в работе не менее 250 горнов, а при них 800 рабочих. Болванка предназначалась для выделки из нее вала паровой машины, и с одного конца была откована на восемь граней.

Однако на смену крупным слиткам из тигельной стали пришли изделия, полученные новыми процессами массового производства литой стали — бессемеровским (1856 г.) и мартеновским (1864 г.).

Англия снова демонстрировала изделия Бессемера. Русский корреспондент И. Мещерин писал с выставки: «Нет почти ни одной страны на свете, хотя бы с весьма незначительным горнозаводским промыслом, где бы

бессемеровский способ не получил большего или меньшего развития».

Французский металлург П. Мартен представил стальные изделия, произведенные изобретенным им процессом: стальные листы, бандажи для паровозов, ружейные стволы, лафеты и фасонные отливки больших размеров. За процесс он получил на выставке большую золотую медаль.

Из Манчестера привезли проволоку длиной 227 сажень, массой 8 пудов. Проволока занимала на выставке первое место — канаты, проволочные ткани, иглы, булавки, стальная проволока разных видов.

Изделия русских сталелитейных заводов — Обуховского, Пермского и Златоустовского — по своему качеству не уступали крупновским. Особым вниманием пользовались броневые плиты Камского завода, изготовленные по способу русского изобретателя В. С. Пятова. Были представлены железо и медь заводов Демидовых, железо Яковлева, чугун и железо наследников Расторгуевых, железная проволока и железные трубы, покрытые медью по новому гальваническому способу Федоровского в Кронштадте. За медь, железо и руду Нижнему Тагилу вручили золотую медаль. Всего русские экспонаты получили 300 наград и 145 почетных отзывов.



В 1873 г. на выставке в Вене были представлены многие интересные экспонаты. Русский корреспондент Д. Сабанеев описывал экспонаты Боткинского завода: днище для паровика из стали Мартена в 50 пудов — край днища загнут перпендикулярно без малейшего нарушения плотности металла на сгибе; огромнейшая железная цепь с распорками. Пермский сталечунопушечный завод представил модель чугунной пушки, снаряды из закаленного чугуна (в том числе пробивший 10-дюймовую броню), а также различные образцы литой стали.

Еще раз подтверждалась мысль: качество демидовского железа совершенно бесспорная вещь. Выставка представила полную коллекцию сортов уральского железа, в которой имелось и больших размеров круглое железо (два образца диаметром 6 и 4 дюймов).

В виде модели и чертежа 50-т парового молота уральцы сообщали о предстоящей гигантской отливке. Модель отливки чугунного стула под навальную молота в натуральную величину помещалась в садике русского павильона. Была видна вся грандиозность будущей отливки. Постройка этого царь-молота с силой удара в 160 т была осуществлена в 1875 г. близ Перми талантливым ин-

женером Николаем Воронцовым. Сила удара его была в пять раз больше, чем у самого мощного в Европе молота — на заводе Круппа.

Обуховский сталелитейный завод украсил русский отдел своей 12-дюймовой с кольцами пушкой из тигельной стали массой 2383 пуда. Пушка эта успешно соперничала с такою же завода Круппа.

Болванка тигельной стали Круппа на этот раз весила 52,5 т. Тут же лежал коленчатый вал из литой стали прокованный и обточенный: 2,8 м длиной и 13 дюймов в диаметре.

Первая Всемирная выставка на американском материке в Филадельфии в 1876 г. была посвящена столетнему юбилею образования Соединенных Штатов Америки. Придерживаясь рекламных соображений, Крупп по-прежнему отливал самые большие в мире слитки своей фирменной стали.

Он представил гигантский вал для немецкого военного корабля и семь пушек, в числе которых было и 60-тонное чудовище, выпускавшее снаряды массой 500 кг через дуло диаметром 35,5 см.

Уральские экспонаты попали и в далекую Филадельфию, заслужив там десять медалей и дипломов. После закрытия выставки часть уральских экспонатов — изделия из



меди, различные сорта чугуна, фигурное железо, образцы снарядов, магнитный железняк г. Благодати были переданы американским институтам и музеям.

Выставка в Париже в 1889 г., приуроченная к 100-летию французской буржуазной революции, имела грандиозный размах. На Всемирных выставках все чаще появляются новаторские инженерные решения сооружений, в которых используются металлы, стекло, железобетон, усовершенствованные металлические каркасные конструкции, позволяющие резко увеличить пролет перекрытия. Так, Галерея машин, сооруженная Ф. Дютером при участии инженера Контамена, отличалась не только огромным пролетом 114 м при длине зала 420 м и высоте 45 м. Здесь выявилась эстетическая выразительность самой металлической конструкции, которую было просто невозможно замаскировать каменной кладкой.

Гвоздем выставки явилась прославленная Эйфелева башня, своего рода символ «железного века». Она предназначалась сначала лишь для демонстрации достижений французской строительной техники и создания высотной доминанты в ансамбле выставки. С тех пор повелась традиция создания символических сооружений — своего рода девиза выставки.

Металлургия, по данным выставки, сделала громадные успехи. Она дала дешевое железо, чугун и сталь. Благодаря этому и стали возможны такие сооружения, как Галерея машин, башня Эйфеля и др.

Наряду с процессами Бессемера и Мартена отмечалось появление дефосфорации металла в конверторах способом Томаса или в мартеновских печах с основным подом. Однако новый процесс, как справедливо отмечали корреспонденты, не мог дать повода к устройству эффектной экспозиции. Производственные агрегаты лишь незначительно изменились.

Всемирная выставка в Париже на рубеже двух столетий вызвала особый интерес. Подводились как бы итоги минувшего века.

Однако даже в условиях отсталой царской России уральские умельцы изготовили для Всемирной выставки литой чугунный павильон, состоящий из 2000 отдельных деталей. Огромный, почти пятиметровый павильон казался сплетенным из литых кружев. Они перемежались с рельефами, изображающими то фантастических животных, птиц или рыб, то ладьи, плывущие под парусами. Этот чудесный образец творчества русских мастеров завоевал по отделу металлических изделий высшую награду Гран-при.

На этой же выставке был оказан торжественный прием замечательному русскому металлургу Д. К. Чернову, давшему научные основы металловедения.

С 3851 г. по 1975 г. состоялось сорок Всемирных выставок. СССР участвовал в шести последних, начиная с 1937 г. Наиболее примечательным на последних выставках стало использование металла в сооружении самих павильонов.

Выставка «Экспо-58» в Брюсселе символизировала начало применения атомной энергии в мирных целях и межпланетных сообщений. Главным символом выставки — знаменитый Атомium (в 165 млрд. раз увеличенная модель кристаллической решетки железа) — тоже казался каким-то космическим сооружением. Девять сфер диаметром 18 м каждая, из которых восемь сфер расположены по вершине куба высотой 102 м, поставленного на ребро и девятая — в его центре тяжести.

По трубам, соединяющим шары, движутся эскалаторы. После закрытия выставки сооружение по-прежнему служит туристам. Здесь имеется самый быстроходный лифт в Европе — за секунды он поднимает посетителей на самую верхнюю площадку, откуда открывается весьма живописный вид.

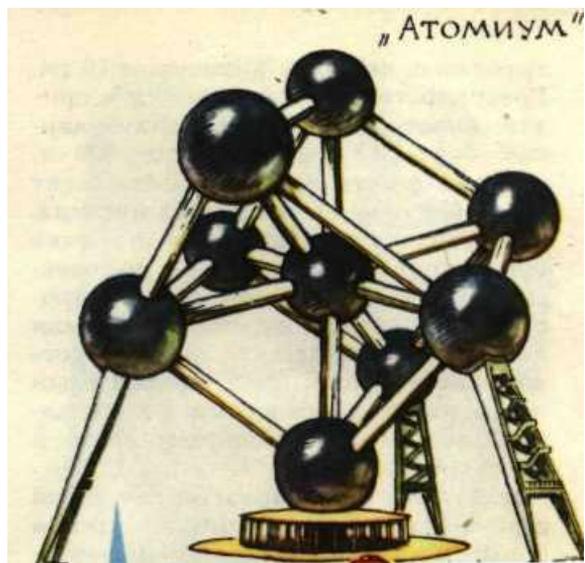
Сооружение, построенное из алюминия и стали, символизирует победу человека над силами природы, над силами атома и в то же время является данью уважения к железу.

Самым большим из зарубежных был советский павильон. Объектом всеобщего внимания стала впечатляющая советская экспозиция с моделями первых искусственных спутников Земли, запущенных неожиданно для многих накануне открытия выставки, новейшими машинами и приборами, макетами грандиозныхстроек и другими образцами созидательного труда советского народа.

Сам павильон представлял собой сооружение объемом 250 тыс. м³, высотой 22 м, полезной площадью 22 тыс. м². Наружные стены не поддерживали перекрытия, а сами были подвешены к нему на тросах. Стены смонтированы из предельно тонкого материала. Здание, сооруженное из стали, алюминия и стекла, имело море света и воздуха.

На выставке «Экспо-67» в Монреале архитектура советского павильона отличалась простотой, ясностью и тщательной проработкой деталей. Покрытие двухэтажного павильона (67X142 м) поддерживалось двумя парами V-образных опор. Мощная криволинейная форма покрытия с консольными свесами обеспечивала удачное решение интерьера и была выгодна в акустическом отношении. Несущие конструкции павильона выполнены из стали. Покрытие играло роль основной несущей конструкции, к которой подвешено перекрытие второго и антресольных этажей. Нагрузки воспринимались посредством четырех вертикальных стоек-тяжей, связанных с ригелями и фундаментами. Сплошное остекление стен в алюминиевых переплетах, кровля и потолки из алюминия — тоже современное конструктивное решение.

Павильон США был выполнен в виде огромного усеченного шара (3/4 сферы). Геодезический купол с каркасом из стали и алюминия состоял из миллиона мелких элементов, заполненных оболочкой из прозрачного пластика. Высота 60 м и диаметр 76 м. Внешняя решетка была выполнена из труб с наружным диаметром 88 мм. Несущие конструкции стен и перекрытий — балки, опертые на



СОВЕТСКИЙ
ПАВИЛЬОН



СОВЕТСКИЙ ПАВИЛЬОН

трубчатые колонны диаметром 75 см. Поверхность оболочки 13100 м², протяженность труб, составляющих каркас, более 43 км, масса их 600 т, остальные металлические части весят 120 т. И тут не обошлось без металла.

На выставке «Экспо-70» в Осаке устремленный вверх на 100 м советский павильон доминировал в пространстве выставки. Вертикальная поверхность гладкого фасада — огромный красный стяг, образуемый отдельными плоскостями из металлических листов, покрашенных в красный цвет.

Павильон США представлял собой сооружение овальной формы (длина большей стороны 142 м, меньшей — 83,5 м), заглубленное в землю и покрытое огромным, но очень пологим эллиптическим куполом из прозрач-

ного пластичного материала, натянутого на стальную сетку.

Выставка «Экспо-75» в Окинаве открылась под девизом «Океан: каким ему быть». Одним из самых интересных экспонатов выставки явился плавучий павильон Японии «Акваполис», прототип будущего города на море. Это — плавучий стальной город-остров, масса которого 16 000 т, высота 32 м, площадь 10 000 м². Он соединяется с берегом, а в случае непогоды может погружаться под воду. С галерей открывается вид на царство Нептуна. Крен даже в самую большую бурю не превышает 1 град. «Акваполис» имеет замкнутую систему жизнеобеспечения, абсолютно не загрязняющую окружающую среду. Может вместить одновременно 2400 человек.

ПИСЬМО НА ЖЕЛЕЗЕ

«Бирмингамский журнал» в Англии получил из американского города Питтсбурга следующее письмо, написанное на листе металлической бумаги:

«В номере вашего журнала, вышедшем 1 октября 1864 г., я прочел, что Джон Браун, из Шеффилда, приготовил железный лист толщиной в 13,5 дюйма. Я полагаю, что это самый толстый лист, когда-либо проплющенный. В противоположность ему, я вам посылаю этот железный лист, изготовленный на заводе Слиго, в Питтсбурге. Я думаю, что он представляет самый тонкий образчик в целом свете, и вызываю всю Англию произвести железо более тягучее. Если я не ошибаюсь, это будет первое, переплывшее Атлантический океан письмо, написанное на железе.

Джон К. Эванс».

До этого времени самый тонкий железный лист в Европе был получен на бельгийском заводе: толщина его 0,07 дюйма. Американский же лист с письмом был не толще 0,001 дюйма, т. е. около 0,025 мм.

Английские заводчики приняли вызов автора письма и сделали вскоре еще более тонкие листы из железа: чтобы получить пачку листов высотой в один дюйм (2,54 см), надо было положить 2000 таких листов друг на друга. Эти листы были в два раза тоньше американского.

Пробовали использовать и сталь для изготовления тонких листов. Так, заводчик Гиллот из Бирмингама получил три стальных пластинки, средняя толщина которых соответствовала 0,18 дюйма.

Такие тонкие листы железа и стали нужны, конечно, не для писания пером: их сейчас используют в различных отраслях машиностроения, приборостроения и в радиотехнике.

Во второй половине XIX в. главной продукцией прокатного производства были рельсы. Но в начале XX в. новое железнодорожное строительство резко сократилось. Возникли другие отрасли использования проката, и в этих условиях появилась большая потребность в листовом металле. Особенно сильное влияние в этом отношении оказала автомобильная промышленность — крупнейший потре-

битель стального листа. Тонкий стальной лист с каждым годом находит все новые области применения.

Листовой прокат является одним из экономичных видов металлопродукции, особенно холоднокатаной. Из него готовят весьма легкие и самые разнообразные штампованные и сварные конструкции, применение которых вместо литья уменьшает их массу в среднем на 30—50%. Сварные трубы и многие другие профили, изготовленные из листового проката, как правило, более тонкостенные по сравнению с горячекатаными, и поэтому их использование взамен последних снижает расход металла на 10—15%. Во многих странах развитие производства листового проката опережает производство стальных отливок, сортового проката, и бесшовных труб.

В США соотношение между выпуском отливок и проката за последние 20 лет снизилось с 22 до 17%, в СССР с 36 до 28%.

Доля листового проката в общем объеме его производства постепенно повышается и в некоторых странах она составляет 50%, что объясняется быстрым развитием капитального строительства, автомобильной промышленности, электротехники, консервной и других отраслей промышленности.

Примером значительных достижений советских листопрокатчиков может служить история организации отечественного производства высококачественной кинескопной стали. Была создана новая марка стали с высокими магнитными и механическими свойствами и однородной структурой, разработаны методы исследования и контроля ее качества — и все это нужно для создания цветного телевизора.

Чтобы направить каждый электронный луч при помощи магнитных линз в строго определенную точку экрана, между ними и электронной пушкой ставят стальной лист — теневую маску, на которой полмиллиона сложных по форме отверстий. Рассмотреть их можно только в биноку-



лярную лупу. А как их сделать? Как получить тончайшую стальную ленту шириной более 60 см и длиной 3 км? Советские ученые и машиностроители во главе с академиком А. И. Целиковым создали поистине уникальный прокатный стан — он дает возможность прокатывать стальную ленту с большой точностью.

Для производства кинескопной стали на Магнитогорском металлургическом комбинате установили специализированный 20-валковый стан 700, обеспечивающий высокую стабильность технологических параметров процесса прокатки. Новая технология обеспечивает отклонения по ширине ленты не более 1 мкм, а по длине — не более 8 мкм при длине 3 км! Производится тончайшая (всего 150 мкм) стальная лента с микронной разнотолщиной, тонкая как бритвенное лезвие. Края листа зеркально блестят, а вся середина... прозрачна. Только при очень внимательном

осмотре можно понять, что лист пронизан множеством микроотверстий.

Одна западногерманская фирма начала выпуск стальной фольги толщиной 3 мкм. Она получается после прокатки заготовки из малоуглеродистой стали на специальном быстрходном стане. Стальная фольга тоньше алюминиевой, но не уступает ей по прочности на разрыв. Но можно получать ленту еще более тонкую.

На Ленинградском сталепрокатном заводе в 1975 г. освоено производство ленты из прецизионных сплавов толщиной в 1,5 мкм, что в 40 раз тоньше человеческого волоса. Из такого проката изготавливают микродетали для вычислительных машин. Берешь ленту и кажется, что в руках кусочек воздушного шелка, а не металл. Пробуешь на разрыв, не тут-то было: требуется большое усилие.

Решали проблемы прокатки сверхтонкой ленты инженеры завода совместно с коллегами из ВНИИметмаша — они спроектировали и изготовили стан. В разработке технологии участвовали специалисты ЦНИИчермета. Авторы удостоены Государственной премии СССР.

Стан обслуживает один человек. Он и вальцовщик, и оператор, и слесарь-наладчик. Действует оборудование по тому же принципу, что и в прокатных цехах, где катают многотонные слитки, но здесь все в миниатюре. Склад запасных частей для стана свободно разместился на обычном письменном столе. В аккуратных ящиках лежат валки разного диаметра, ролики и другие узлы. Продукция тоже занимает немного места. Ничего удивительного: за смену опытный вальцовщик выдает несколько десятков граммов проката.

Прокатка на таком стане — дело тонкое, ювелирное. Надо точно настроить клеть, быть собранным и внимательным, чтобы уловить момент начала операции, подать на ленту равномерное натяжение.

На участке смонтирован новый стан, но 26-валковый. На нем ленинградцы будут получать стальную ленту толщиной до микрона.

На заводе «Запорожсталь» эксплуатируется 20-валковый стан для прокатки нержавеющей стали с особенно высоким качеством поверхности — до девятого класса чистоты. Благодаря жесткой системе опорных валков уменьшается до минимума разница в толщине полос как в продольном, так и в поперечном сечении.

С пуском стана стало возможным расширение сортамента нержавеющей стали.

Стан обслуживают всего три человека — два оператора и старший вальцовщик. Они руководят процессом прокатки при помощи дистанционного управления.

Агрегат показателен и в эстетическом отношении. Оборудование и трубопроводы окрашены в приятные тона, сделаны легкие оцинкованные перегородки.

Запорожские металлурги увеличили класс поверхности листа и создали двусторонне полированный лист нержавеющей стали: он блестит как самое прекрасное зеркало. До последнего времени монополистами в изготовлении «стальных зеркал» были Австрия, ФРГ и Швеция.

Инженерная мысль и рабочее мастерство запорожцев помогли разработать технологию и создать головной образец станка двустороннего анодно-механического полирования нержавеющей листов. Так, впервые в СССР было освоено производство двусторонне полированных нержавеющей пластин 12-го класса чистоты, не уступающих лучшим зарубежным образцам, а по отдельным показателям — твердости, износоустойчивости и зеркальной отражаемости — превосходящих эти образцы. Государственная аттестационная комиссия под председательством академика А. П. Чекмарева присвоила пластинам — первому в нашей стране прокатному виду продукции — государственный Знак качества. Размеры пластин: толщина 5 мм, ширина 1310 мм, длина 5690 мм.

Вот на каком железе могут написать письмо современные листопркатчики.

ЧУГУН СПОРИТ СО СТАЛЬЮ

Есть у писателя Евгения Пермяка маленькая сказка «Чугун и сталь». В ней хорошо описаны «родственные связи» чугуна и стали. Вот как об этом там рассказывается.

«Пролилась огневой струей из жаркой печи горячая Сталь. Засверкала золотыми звездами, остыла дорогами слитками и зазналась. Перед серым Чугуном так стала себя выхвалять, что тот чуть не изоржавел от стыда.

— Я, — говорит Сталь, — нержавеющая, нетемнеющая, хитро сваренная! Как алмаз крепка, как змея гибка. Закалюсь — не отколуюсь! Пилить, сверлить, резать — все могу, на все пригодна! Хочешь — булатом стану, хочешь — иглой! Мостом лягу. Рельсами побегу. Машиной заработаю. Пружиной совьюсь. А ты что, Чугун? На сковородки, на утюги только и годен. Ну да разве еще на станины второсортные да на шестерни молотильные. Не ковок, не ловок, хрупок, как лед. Не модный металл.

Говорит так Сталь, на весь цех себя славит. И самолетом-то она полетит, и кораблем-то поплывет, и чем только она не станет... Даже перо писчее не забыла. Часовую стрелку и ту не пропустила. Все перебрала. Столько наговорила про себя, что в семи коробах не свезти. Но ничего лишнего не прибавила. Была в ее стальном звоне правда.

Конечно, Чугуну далеко до Стали. Только об одном ей забывать не надо бы: о том, что Чугуну она родной дочерью доводится, что она ему своей жизнью обязана... Ну, а в остальном все правильно, если, конечно, совесть во внимание не принимать».

«Конечно, чугуну далеко до стали», — говорит автор сказки. *«Не бывать вороне соколом, не бывать чугуну сталию»*, гласит киргизская пословица. Но в наши дни эти утверждения иногда не соответствуют истинным качествам чугуна.

Чугун — полупродукт для производства стали, но не только. Интерес-

но, сколько же чугуна идет в самостоятельную жизнь? И на что он годится там, кроме памятников и толстых плит фундаментов?

Старинный «Словарь ручной натуральной истории» (1788 г.) сообщал: «Чугун. Так называется железная руда. Когда она в горну растопится, учинится жидка: льют из оной горшки, котлы и всякую посуду; также в случае нужды пушки».

Сейчас, конечно, большее число предметов получают из чугуна и все-таки жалуются на его хрупкость и малую прочность. Объясняется это тем, что в обычном чугуне образуются крупные включения в виде графита. Иногда в шутку говорят, что чугун — испорченная графитом сталь. Графит надрезает и ослабляет металлическую основу: разобщает ее, делает непрочной, хрупкой, непластичной. Все попытки размельчить эти включения и равномерно распределить по всему металлу долго не удавались. Пока не догадались добавить в чугун немного ферросилиция — сплава железа с кремнием; тогда началось интенсивное размельчение графита. Чугун по своей прочности приблизился к низшим сортам углеродистой стали. Но при этом у него оставалась все та же хрупкость.

Поиски продолжались. Попробовали заменить ферросилиций магнием. От вспышки его металл бурлил, хлопотал; в ковше резко повышалась температура. А когда остывший металл подвергли точному анализу, то обнаружили, что под действием добавки 0,1% магния включения графита приобрели шарообразную форму. Новый чугун стал прочным и нехрупким, не уступающим самым высоким сортам углеродистой конструкционной стали. Из него отливают прокатные валки, изложницы, сменные детали металлургического оборудования. Стойкость этих изделий увеличилась примерно в три раза.

Работы по дальнейшему увеличению прочности чугуна продолжаются.

Ученые Киевского политехнического института предложили обрабатывать расплавленный металл электрическим током. Они пропускали его через расплав, когда металл кристаллизуется.

Десятки опытов позволили подобрать лучшие режимы обработки. Проведенные испытания показали, что такой «электрический» чугун на 25% прочнее на разрыв, чем обыкновенный. Значит, ток упрочняет металл? Когда ученые исследовали образец под микроскопом, то увидели, что углерод в них распределен равномерно в виде едва заметных штрихов. Это изменение структуры и упрочило металл, сделало чугун прочнее... чугуна.

Известно, что сталь тверда, чугун хрупок, алюминий мягок. Бельгийские металлурги создали сплав чугуна с алюминием. Новый металл мало чем отличается от обычной стали по прочности и сохраняет, все хорошие качества чугуна. А советские ученые создали чугун, имеющий некоторые свойства алюминия.

Десять лет трудился над этим главный инженер металлургического производства Горьковского автомобильного завода лауреат Ленинской премии Б. П. Платонов. Он давно был убежден, что моторы можно сделать легче и компактнее, если изме-

нить литую оболочку двигателя. Практикой мирового автомобилестроения для этой детали давно выбран серый чугун. Он дешевле и надежнее широко применяющихся у нас алюминиевых сплавов, но есть у него и недостаток: чугун тяжел, и никому еще не удавалось получить из него изделие, равное по массе алюминиевому.

Платонов знал, что прочность чугуна зависит от его графитовой структуры. В особо прочных тонкостенных отливках графит должен содержаться в виде мельчайших шариков, тогда как в толстых деталях имеет форму пластинок. Значит проблема получения сложных многопрофильных изделий с тонкими стенками состоит в том, чтобы найти способ постепенного, а иногда и резкого изменения структуры металла.

Ученому удалось найти прямую зависимость структурной формы графита в чугуне от скорости остывания отливки, а следовательно, и от их толщины. Он разработал конструкцию и способ изготовления жестких двухслойных оболочковых форм. Металл в них становится особо прочным в тех плоскостях детали, где это необходимо. По методу Платонова на Горьковском автомобильном заводе изготовлены десятки опытных блоков цилиндров двигателей. Они прошли



всесторонние испытания и показали отличные результаты.

Новые марки чугуна действительно спорят со сталью. Из улучшенного чугуна изготавливают иногда ответственные детали машин. А это очень выгодно, ибо чугун намного дешевле стали. При этом используется ценное

свойство чугуна — он лучше отливается в формы, чем сталь, и поэтому процесс получения отливок из него легче и проще. В отечественном машиностроении 74% всех отливок изготавливают из серого чугуна, 3% из ковкого чугуна, 21% из стали и 2% из цветных металлов.

БЕЗ ТРУБ ТРУБА

Определение трубы как длинного полого устройства, обычно круглого сечения, предназначенного для прохода жидкости, пара и газа, пожалуй, теперь устарело. Названные вещества не являются больше единственными продуктами, поддающимися перемещению по трубам. Трубопроводы образуют особый вид транспорта для быстрой и экономичной передачи на большие расстояния цемента, угля, муки, сахарной патоки, хлопка, железной руды.

В Уфе построен рассолопровод. По нему на расстояние 150 км перегоняют с соляного месторождения на химический завод раствор хлористого натрия. В Ирландии по трубопроводу доставляется пиво из Дублина в населенные пункты в радиусе 20 миль. Одна фирма в Лондоне подает по трубам горячий чай для работников своего гигантского завода. Чай не

успевает остыть за 8 мин движения к месту чаепития.

В Канаде провели опыт по использованию нефтепроводов для транспортировки гранулированных материалов и минералов. Оказалось, что железная руда и чугунные отливки, даже в больших кусках, хорошо перемешаются в них.

Завершить наш перечень следует нефтяными и газовыми артериями — главным в трубопроводном транспорте сейчас.

Ясно, что совокупность различных сосудов, труб и емкостей, так называемая «сосудистая система», становится важнейшей особенностью производства XX в. И используется не только для транспортировки самых различных материалов. В ней осуществляются химические реакции, хранятся продукты технологических процессов. Она является хорошей ба-



зои для автоматизации и усиления технических основ производства.

Стальные трубы применяются также в качестве замечательного конструкционного материала. Начиная с прошлого столетия, они использовались в различных отраслях техники. Трубчатые конструкции применялись там, где снижение массы является одним из важных принципов проектирования, — в дирижаблестроении, велосипедной и автомобильной промышленности, самолетостроении.

Сейчас многие отрасли народного хозяйства используют профильные трубы различного сечения. Каркасы автобусов, кресла самолетов, витрины магазинов и строительных конструкций, изготовленные из таких труб, красивы, прочны, экономичны.

Потребность современной техники в стальных трубах огромна. Поэтому в системе металлургического производства изготовление их занимает особое место — его иногда называют «четвертым переделом».

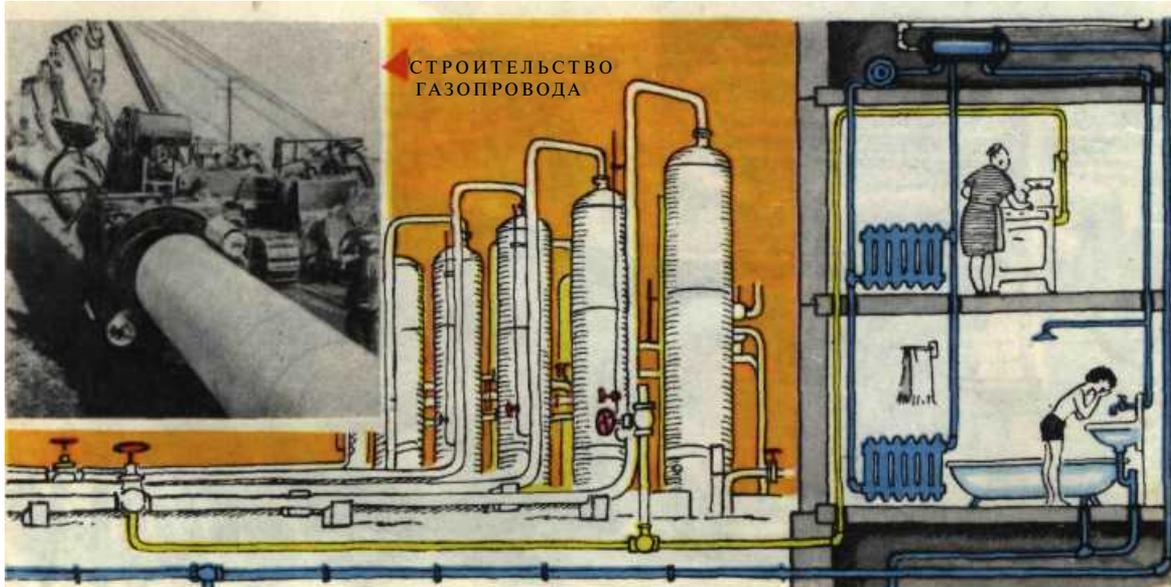
Трубная промышленность нашей страны создана по существу за годы Советской власти. В 1913 г. Россия производила всего 767 тысяч тонн «сосудов» малого диаметра. В дни Первомайского праздника 1930 г. на юге страны был досрочно введен в строй огромный завод цельнокатанных труб для нефтяной промышлен-

ности. С пуском предприятия страна избавилась от необходимости ввозить трубы из-за рубежа. Еще до войны СССР занял первое место в Европе по производству стальных труб. А с 1962 г. наша страна выпускает их больше всех в мире.

Теперь в СССР имеется несколько больших трубопрокатных заводов: в Грузии и Азербайджане, на Украине и Урале. В г. Волжском с 1969 г. действует новый индустриальный гигант с девятью трубоэлектросварочными станами. Здесь в 1974 г. на автоматическом стане 2520 впервые в нашей стране сварены крупногабаритные трубы диаметром 2120 мм. Их изготовили из стальных листов, поставляемых с мощного прокатного стана 3600 завода «Азовсталь». Предназначены эти трубы для сооружения крупных водоводов и оросительных систем.

Какой же технологией владеют современные прокатчики-трубники?

Бесшовные «артерии» диаметром 50—110 мм с толщиной стенки 2—15 мм получают таким методом: сначала круглый слиток или заготовку «прошивают» в бочкообразных косорасположенных валках. Валки вращаются в одну сторону, а заготовки — в другую. Между валками на пути движения получающейся полой гильзы расположена оправка, калибрую-



шая гильзу внутри. Затем гильза раскатывается на непрерывном стане, состоящем из нескольких пар валков, расположенных под углом 90 град, друг к другу.

Бесшовные трубы делают из углеродистых и легированных сталей. Их применяют в нефтедобывающей промышленности (буровые и обсадные трубы), в газовой и химической (для трубопроводов), в машиностроении для изготовления цилиндрических и кольцевых деталей (например, шарикоподшипниковых колец), в автомобильной промышленности (карданные валы).

В последнее десятилетие в мировом трубном производстве непрерывно растет доля сварных труб. Это объясняется тем, что у сварных труб обычно тоньше стенки и меньше допуски по толщине, чем у бесшовных, что дает существенную экономию металла. Прочность шва при современных методах сварки не уступает прочности основного металла.

Сварные трубы изготавливают из ленты малоуглеродистой стали, которую пропускают через узкую длинную печь. Кромки полосы нагреваются до 1300 град. По выходе из печи ленту захватывают валки с круглыми калибрами и формуют ее в трубу. В следующей паре валков происходит сварка встык, а в последующих четырех парах трубе придаются точные размеры.

На отечественных заводах сварные трубы изготавливают диаметром от 8 до 2120 мм с толщиной стенок от 1 до 16 мм.

Электросварные трубы малых и средних диаметров применяют в химической промышленности и машиностроении, станкостроении, авиации, радиотехнике, атомной энергетике и др., в основном для транспортировки

жидких и газообразных веществ и в качестве конструкционных элементов.

Трубы средних диаметров — как конструкционные элементы при изготовлении велосипедов, автомашин, различных сельскохозяйственных машин. Трубы больших диаметров (426—1620 мм и более) используют главным образом для транспортировки газов и жидкостей. Советские трубопрокатчики по праву гордятся своими техническими достижениями. Они создали и широко внедрили новые технологические процессы и станы винтовой прокатки для производства горячекатаных труб.

Флагманом советских трубопрокатчиков называют Днепропетровский завод имени В. И. Ленина. Это современное предприятие, которое сделало трубное производство поточным, высокопроизводительным, исключая тяжелый физический труд. А главное, в цехах завода часто звучит слово «впервые».

Здесь впервые освоили сварку труб наиболее прогрессивным и производительным способом — токами радиочастоты. Впервые в мировой практике осуществили комплексную механизацию и автоматизацию сложной прокатной установки 140. Прокатку ведут оригинальные механизмы и электронные приборы, полностью исключены ручные операции. Освоено производство биметаллических труб новым способом термодиффузионной сварки. В цехах появились новые автоматизированные линии гидравлического испытания труб, ультразвукового контроля качества сварного шва и сортировки, автомат для увязки и клеймения. За все технические новшества группа ведущих специалистов завода удостоена Государственной премии 1971 г.

МЕТАЛЛЫ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Уран и железо... Что общего между ними? Оказывается на Земле известны месторождения, где они «живут» вместе.

Дело в том, что в них урановые минералы вкраплены в железную руду. А многие минералы урана и притом именно те, которые имеют промыш-

ленное значение, чрезвычайно невзрачны и трудно отличимы от всюду встречающихся окислов железа и марганца. Железную руду с высоким содержанием урана проплавляют в доменной печи. Железо восстанавливается и переходит в чугун, а уран остается в шлаке. Этот урановый шлак перерабатывается на химических заводах, где из него получают сначала окись урана, а потом и чистый металл. Из чугуна выплавляют урановую быстрорежущую сталь.

Имеются и другие связи между металлургией и атомной энергетикой, многие успехи которой обязаны достижениям в области металлургии.

Ледокол «Ленин» — первое в мире гражданское судно с ядерным двигателем. Он начал плавание в Северном Ледовитом океане в 1959 г. Атомоход, способный передвигаться непрерывным ходом через лед толщиной в полтора человеческого роста со скоростью почти в 4 км/ч, не мог быть построен без использования самых новых и удивительно прочных сталей.

Обычные морские опасности ледоколу не страшны. Его прочный корпус сделан из стали специальных марок. К тому же корабль опоясан мощным стальным «ледовым поясом». На Балтийском заводе делали для него гребные валы. Обрабатывать деталь в

46 т и длиной 18 м было крайне сложно.

Американский атомоход «Саванна» вошел в строй и начал свою коммерческую службу в 1962 г., сначала в грузо-пассажирском варианте, а затем полностью перешел на грузовые линии. Для коммерческого судоходства корабль оказался непригодным и совершал рейсы только в рекламных целях, убытки покрывались правительственной дотацией. В 1972 г. судно было поставлено на прикол. Паропроводящая часть и реакторы судна устарели технически и морально.

Построенный в ФРГ рудовоз «Отто Ган» в 1970 г. обслуживал маршрутную грузовую линию между Западной Германией и Марокко.

Четвертым гражданским атомоходом был японский транспортный корабль «Муцу». Построенный в 1972 г., он вышел в первый испытательный рейс в августе 1974 г. Однако испытание атомного реактора на «Муцу» вскоре было прекращено из-за недопустимо высокого уровня радиации за пределами защитных устройств. По мнению ученых, находившихся на корабле, утечка радиоактивных веществ связана с образованием трещины в защитном кожухе реактора.

Прошедшие навигации атомохода «Ленин» показали практическую



безопасность атомного судна в отношении радиационного излучения. В 1971 г. на ледоколе вместо трех реакторов поставили два, более простой системы и соответствующей современному уровню техники.

Успешная многолетняя эксплуатация ледокола доказала несомненное преимущество кораблей с ядерным реактором.

С Балтийского завода в Ленинграде в декабре 1974 г. вышел на ходовые испытания атомный ледокол «Арктика». Его длина достигает 140 м, а ширина 30 м. Ледокол оснащен мощнейшей в мире энергетической установкой, которая позволяет успешно преодолевать тяжелые льды в высоких широтах.

Корпус «Арктики» изготовлен из высокопрочных марок стали. Проектировщики предложили сделать корпус различным по толщине обшивки. Этим достигли значительной экономии легированных сталей и ликвидировали вероятность появления на корпусе так называемой «гребенки» — вмятин от ударов раздавленных и подмятых льдин. Особое внимание конструкторы и судостроители уделили форштевню атомохода. Это как бы стальное лезвие гигантского колуна массой в несколько десятков тонн. К нему предъявляется немало различных требований по износо-

устойчивости, вязкости и прочности при низких температурах.

В навигацию 1975 г. новый флагман отечественного ледокольного флота вышел в Арктику и начал свою работу по проводке судов к высокоширотным станциям и портам, расположенным на побережье Ледовитого океана.

Сталь широко применяют для защитных сооружений в атомных реакторах. Шли долгие споры между сторонниками использования циркония и нержавеющей стали в атомных установках. Дело в том, что хотя цирконий и его сплавы были надежнее, но они еще пока очень дороги, а сталь намного дешевле. Позже американские атомники убедились, что можно доверять и нержавеющей стали и начали ее широко использовать в различных конструкциях атомных сооружений.

На всех атомных электростанциях США устройства и механизмы, связанные с отбором тепла, заключены в стальные полые шары. Таким образом, все, что связано с радиоактивностью, изолировано от внешней среды. Эти предосторожности вызваны неуверенностью в конструкции и опасением возможного взрыва.

Здание атомной электростанции «Энрика Ферми» окружено стальным цилиндрическим корпусом с внутренним диаметром в 22 м. Высота этого



В МАШИНОМ ЗАЛЕ



АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

СТАЛЬ ШИРОКО ПРИМЕНЯЕТСЯ
ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
В АТОМНЫХ РЕАКТОРАХ

«стального стакана» над землей 36,6 м, и еще на 15,6 м он уходит в землю.

Внутри этой стальной скорлупы остальные части реактора и механизмов также закрыты защитными устройствами из бетона, углеродистой и нержавеющей стали, графита.

Сталь пригодна для защиты от радиоактивного излучения потому, что она хорошо поглощает нейтроны. Но вот это же ее качество — большое поглощение нейтронов — мешает использовать сталь в конструкциях ядерных реакторов. Из-за этого к.п.д. атомных электростанций пока значительно ниже к.п.д. обычных станций. Почему?

Применение стали в конструкциях обычных электростанций позволяет получать пар с очень высокой температурой. В ядерных реакторах в подобных конструкциях применяют магний и цирконий — это не позволяет в достаточной степени повысить температуру пара. Поэтому металлурги ведут настойчивые поиски новых материалов и сплавов для ядерной энергетики. При этом важно исследовать влияние облучения на

упрочнение и разупрочнение разных марок стали и сплавов. Что могут дать металловедам подобные испытания?

Как известно, наиболее сильное и глубокое изменение свойств металлов вызывает облучение нейтронами, протонами, дейтронами и альфа-частицами. Например, образцы железа и никеля, подвергнутые отжигу в вакууме при различных температурах, облучались в специальных камерах, после чего их испытывали на растяжение и исследовали под микроскопом. Выяснилось, что допустимая нагрузка на растяжение образцов железа повышалась на 60—70%, у никеля на 30—35%. Упрочнение металла при облучении ядерными частицами предположительно объясняют укреплением кристаллических дефектов. При комнатных температурах облучение обычно повышает твердость и прочностные свойства металлов, но уменьшает пластичность.

Исследования и поиски продолжают. Успехи в создании новых сплавов помогут дальнейшему развитию атомной энергетики.

МЕТАЛЛЫ В КОСМОСЕ

Каждая отрасль техники по мере своего развития предъявляет все более разнообразные и высокие требования к металлам. Но наиболее ответственные требования предъявляются к металлам для спутников и космических кораблей — в них должны сочетаться лучшие механические, химические и физические свойства.

Трудно предугадать, как поведет себя в условиях космического пространства тот или иной материал. А точное знание этого чрезвычайно важно конструкторам космических кораблей. В свете последних космических достижений СССР и США особенно актуальными становятся проблемы космического металлостроения. Ученых интересует поведение металлов и сплавов в космических

условиях, волнует задача обеспечения металлическими материалами космической промышленности. А ведь требования к материалам для космических и реактивных аппаратов весьма разнообразны и высоки. Кроме температурной (высокие и сверхнизкие температуры) и термоциклической стойкости, тут требуется герметическая плотность в условиях абсолютного вакуума (10^{-16} ат), стойкость против вибрации, больших ускорений (в десятки тысяч раз больше ускорения силы тяжести), метеоритной бомбардировки, длительного воздействия плазмы, излучения, невесомости, теплостойкости и т. д.

Советские ученые Е. А. Духовской, В. С. Онищенко, А. Н. Пономарев, А. А. Силин, В. Л. Тальрозе обнару-

жили явление сверхнизкого трения твердых тел.

Исследователи обнаружили, что при облучении потоком ускоренных атомов гелия поверхности полимерного тела, например полиэтилена, трущегося в вакууме вместе с металлом, наблюдается переход от обычного трения к сверхнизкому. При этом коэффициент трения составляет тысячные доли. Во время эксперимента этот эффект сохранялся в широком диапазоне скоростей и больших удельных нагрузок. Использование этого явления открывает широкие перспективы для повышения долговечности и надежности машин и приборов, работающих в вакууме, открытом космическом пространстве.

В ходе космических исследований на Луне обнаружены месторождения ценных полезных ископаемых — железа, марганца, титана и других руд. При анализе лунного грунта обнаружены новые минералы и железо, которое не поддается окислению даже в земных условиях. Для космических рейсов — строительства стартовых площадок, ракет-носителей и самих космических кораблей — понадобится много металла.

Создание на Земле таких условий, как невесомость, глубокий вакуум, высокие и низкие температуры, потоки проникающей радиации, весьма трудно и дорого. С развитием общества возникает необходимость вынести в космос, например на орбиты спутников Земли, части технических комплексов.

Летчик-космонавт СССР Виктор Горбатко рассказал корреспондентам: «Применяя термин «производство в космосе», нельзя использовать земные масштабы. Это очевидно. Объем и вес выпускаемой продукции будет ограничен. Но уникальные особенности доставленной с орбитальной станции на Землю продукции с лихвой окупят затраты».

В качестве примера В. Горбатко приводит пенистые материалы. На Земле под тяжестью расплавленного металла газ выделяется из расплава.



А в космосе в условиях невесомости можно получить пенистую сталь, легкую, как дерево, и прочную, как обычная сталь. Пенистая сталь очень нужна создателям будущих космических объектов.

Эксперимент «универсальная печь», проведенный в совместном полете «Союза» и «Аполлона», позволяет в известной мере оценить практические возможности создания внеземного производства. Разрабатываются проекты собираемых в космическом пространстве орбитальных станций-заводов.

Автор многих смелых проектов и идей докт. техн. наук профессор Г. И. Покровский полагает, что вполне возможно организовать в космосе относительно недорогое «доменное хозяйство». Сырьем для производства будет служить вся солнечная система с ее бесчисленными метеорами и мелкими астероидами. Энергию для небесных агрегатов будут накапливать солнечные батареи, а безупречный космический вакуум позволит применять самую современную технологию.

Сырье — пойманный метеор — удерживается захватом. Импульсный

источник света, подключенный к солнечной батарее, возбуждает квантовый генератор. Луч этого лазера испаряет вещество метеорного тела. Высокотемпературная плазма увлекается электрическим полем и концентрируется в виде струи магнитной линзой. В магнитном спектрографе плазменный поток разлагается на струи ионов различных веществ. Затем нужный металл — железо, кобальт, никель — конденсируется, образуя постепенно растущий стержень. Полученные шлаки выбрасываются для перемещения и ориентации агрегата в пространстве.

Металлические стержни шлифуются, нарезаются и выбрасываются в космос с заданной скоростью. Их назначение — служить строительным материалом при создании орбитальных станций в околоземном пространстве нашей солнечной системы. Приварку стержня к свободно парящей ферме осуществит солнечная энергия.

Конечно, сейчас можно спорить о технологических деталях будущей космической металлургии, одно бесспорно — такая металлургия может существовать.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ МОЗАИКА



«В НАРОДЕ БЕЗ ЖЕЛЕЗА, КАК ПРИ ОБЕДЕ БЕЗ СОЛИ».

Таковыми словами начинается записка Герасима Раевского, поданная Петру I в 1714 г. В ней содержался проект государственной монопольной торговли железом по образцу уже испытанной тогда соляной торговой монополии.

В народном фольклоре таких метких изречений о важности и значении железа в человеческом обиходе встречается много.

В пословицах и поговорках всех народов мира железо отмечается прежде всего как мерило необычайной прочности.

«Если ты настоящий человек, будь крепким как сталь» (киргизская).

«Терпеливый даже железо разорвет» (татарская).

«Старательный горы свернет, старанье железную веревку оборвет» (узбекская).

«Правдивое слово и железо пробьет» (азербайджанская).

«Крепок как стальной меч» (японская).

«Человек прочнее железа, тверже камня, нежнее розы» (турецкая).

«Сколько ни бей по железу, ему все ничем» (азербайджанская).

Но ничто не вечно в этом мире. Даже прочнейшее железо. И тогда говорят арабы: «И железо рассыпается в прах».

Есть у железа страшный враг — ржавчина. К чему она приводит, как

с ней бороться — и об этом говорит народная мудрость.

«Человека губит горе, железо портит влага» (турецкая).

«Сердца ржавеют, как ржавеет железо» (арабская).

«Ржа — на железе, а неправда в человеке не утаится» (русская).

«Пока железо в работе, его и ржа не берет» (азербайджанская).

Последнюю пословицу уместно дополнить двумя старинными афоризмами: «Жизнь человеческая подобна железу. Если употреблять его в дело, оно стирается, если не употреблять, ржавчина его съедает» (Катон Старший).

«Железо ржавеет, не находя себе применения, стоячая вода гниет или на холоде замерзает, а ум человека, не находя себе применения, чахнет» (Леонардо да Винчи).

Мысль о разном назначении металла является также содержанием народных изречений.

«Железо и сталь выходят из одной гчи: одно становится мечом, другое — подковой осла» (таджикская).

«Хорошее железо узнают при ковке, хорошую лошадь узнают при скачках» (калмыцкая).

«Некаленное железо ни косой, ни серпом не станет» (курдская).

«Хорошо испытанные клинки кинжалов сгибаются прежде, чем ломаются» (немецкая).

«Из плохого железа меча не выковать» (турецкая).

«Из пленавого железа добрая сабля не станет» (болгарская).

«Из гнилого хлопка не будет бязи, из ржавого железа не выкуешь меч» (азербайджанская).

«Хорошее железо не ржавеет, хороший родственник не забывает» (калмыцкая и монгольская).

Но, пожалуй, наибольшая группа народных афоризмов о железе посвящена кузнецу и его ремеслу. Из пословиц и поговорок разных народов можно составить целую технологическую инструкцию по кузнечному делу. Помимо меткой образности изречений, обобщающих различные явления жизни и сохраняющих обычно назидательный смысл, эти народные высказывания необычайно точно подмечают и технологические детали кузнечного ремесла.

«Дело — знатоку, железо — кузнецу» (амхорская).

«Если железо не ковано, хоть его позолоти — не станет ни косой, ни серпом» (курдская).

«Холодное железо незачем ковать» (сербская).

«Не гретое железо не согнешь» (украинская).

«Железо само не станет мягким» (корейская).

«Железо куется, когда оно раскалится» (татарская).

«Куй железо, пока горячо» (русская, болгарская, турецкая, киргизская, индонезийская и др.).

«Куешь железо — не жалей угля; растишь сына — не жалей еды» (китайская).

«Когда куют железо, многократно бьют по нему» (испанская).

«Кузнец орудует щипцами, чтобы не обжечь руку» (чеченская).

«Охладить щипцы еще не значит закончить ковку» (суахили).

«И наковальня виновата, коли ковка плоха» (финская).

«Кто хороший серп скует, того смело называй кузнецом» (финская).

«В руках у кузнеца железо струится, как вода» (узбекская).

Многие пословицы имеют определенное историческое содержание. История болгарского города Самоков в средние века была тесно связана с производством железа. Тамошние кузнецы производили железо замечательного качества и в Болгарии появилась поговорка:

«Чистая работа как самоковское железо».

В древней Японии жил знаменитый оружейный мастер Масамунэ. Мечи его работы ценились очень высоко. В разговоре о чем-нибудь нелепом японцы стали говорить: «Мечом, изготовленным Масамунэ, резать редьку».

Народные изречения всегда поражают богатством своего содержания.

Юмор зачастую обогащает их содержание, что несколько смягчает нравоучительную направленность пословиц и поговорок.

АЛМАЗЫ В ЖЕЛЕЗЕ

Парч и Хайдингер в 1846 г. обнаружили небольшие кристаллы графита в метеоритном железе из Венгрии.

В 1882 г. в том же метеорите А. Брежина нашел небольшие алмазы. Русские ученые М. В. Ерофеев и П. А. Лачинов в метеорите «Новый Урей», упавшем 4 сентября 1886 г., увидели также мельчайшие кристаллики алмаза. Рентгеновское просвечивание метеорита, упавшего в Индии в 1872 г., позволило обнаружить алмаз внутри

«небесного камня». Одни кристаллы наблюдались невооруженным глазом, другие различались только в микроскоп.

Всего пять раз за всю историю «пришельцев из космоса» в них были обнаружены алмазы общим содержанием около 315 карат.

Советские ученые академик А. В. Виноградов и Г. П. Вдовыкин выдвинули гипотезу о двух вариантах происхождения метеоритных ал-

мазов: в каменных алмазах при соударении астероидов в космосе, а в железных — при ударе метеорита о Землю.

Известный французский химик Анри Муассан, получив сведения о метеорите «Новый Урей», выписал из России часть его. Проведенный анализ подтвердил присутствие в нем кристалликов алмаза. Это навело его на мысль, что образование алмаза из угля может происходить при очень быстром охлаждении и высоком давлении. В 1890 г. он приступил к опытам по синтезу искусственных алмазов. Муассан решил использовать свойство чугуна при затвердевании расширяться. Расплавленный в дуговой печи чугун он насыщал углеродом, затем резко охлаждал его водой.

Корка застывшего металла препятствовала расширению чугуна при затвердевании — внутри развивалось огромное давление. Растворив чугун в кислоте, Муассан якобы обнаружил мелкие твердые кристаллики — искусственные алмазы. Однако его опыты никому повторить не удалось.

15 марта 1907 г. на объединенном заседании химического отдела и металлографической комиссии Русского технического общества известный металлург Д. К. Чернов сделал

сообщение «О кристалликах алмаза и карборунда в стали».

Еще в первые годы своей работы на Обуховском заводе Чернов исследовал при помощи микроскопа изломы литых стальных болванок. Тогда же он обнаружил у стенок внутренних усадочных пустот очень твердые неметаллические включения характерного кристаллического строения в форме шестиугольных тонких пластинок. Он отправил их французскому металлочеловеку Осмонду с просьбой произвести тщательный химический анализ. В 1902 г. Осмонд дал заключение, что это кристаллики карборунда. В своем письме Чернову Осмонд писал:

«Допуская, что эти шестиугольники — карборундум, Вы имели бы право заявить об этом открытии Вами этого вещества в окристаллизованном виде в сидерургических продуктах. Муассан говорит, что эти шестиугольники в точности те же, которые Франк (из Берна) считает за открытые им и которые он, менее осторожный нежели Вы, определенно и без оговорок описывает как алмазы с некоторым шумом об этом открытии, сделанном так давно Вами».

Действительно, швейцарский ученый Л. Франк, обнаруживший подобные включения много лет спустя после Чернова, принял их за выде-



ления алмаза, очевидно, по аналогии с крупинками искусственных алмазов, полученных Муассаном при мгновенном затвердевании чугуна. В 1895 г. Л. Франк и А. Россель заявили, что как и метеоритное железо, так и искусственно полученные железо и сталь, содержат маленькие алмазы.

Открытие Черновым кристалликов карборунда в стальной болванке явилось важным фактором для выявления взаимоотношения между углеродом и прочими компонентами стали. Работа Чернова доказывала отсутствие выделений углерода в стали в виде алмазов.

Английский металлург Норберн в опубликованной в 1939 г. схеме затвердевания железоуглеродистых сплавов вновь подтвердил невозможность существования в закристалли-

зовавшейся стали свободного углерода в форме алмаза. Он доказал, что карбид железа, не находящийся в твердом растворе (т. е. в форме свободного углерода), легко разлагается с образованием графита.

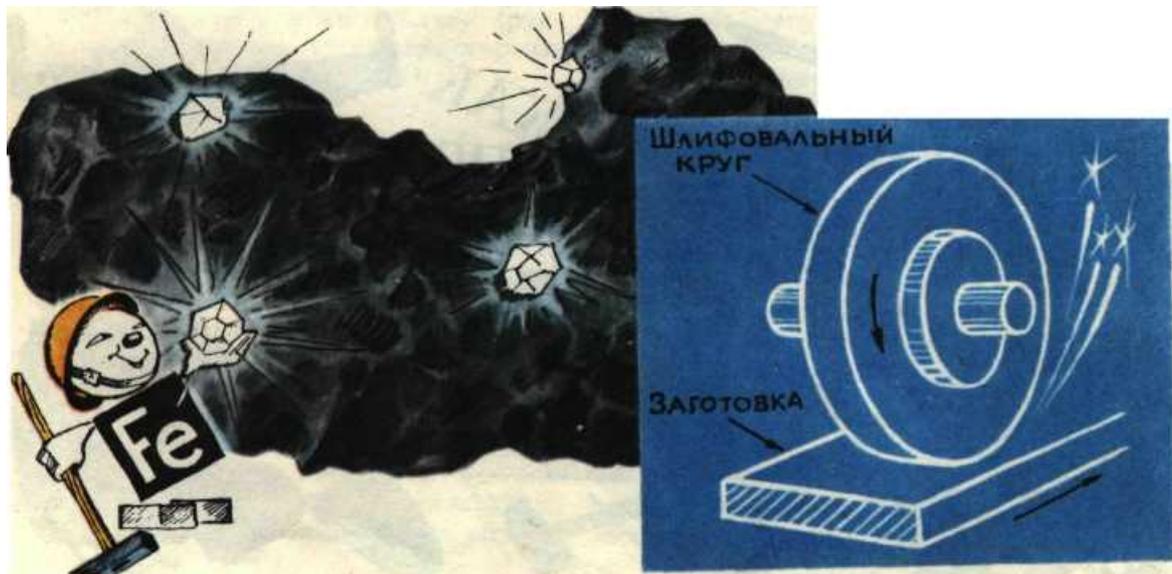
В наше время используют алмазы в металле, но получают их иначе. Если на зерна алмазного порошка нанесено карбидометаллическое покрытие, они приобретают повышенную прочность. Спаянные в агрегаты зерна благодаря ветвистому строению надежно удерживаются в связке шлифинструмента, сообщая ему высокую стойкость и работоспособность. Металлизованные агрегированные алмазные порошки используются для получения шлифовальных кругов на органической связке. Их изготавливает ереванский завод «Алмаз».

ЗОЛОТИСТЫЙ ЧУГУН_3

Имеет ли доменная печь какое-либо отношение, например, к добыче... золота? Оказывается, имеет.

Русский металлург П. П. Аносов, который когда-то разгадал тайну булата, в прошлом столетии предложил использовать доменную печь для извлечения золота. Вот история этого необычного предложения.

Будучи начальником горного округа златоустовских заводов, Аносов много занимался вопросами золотодобычи. На миасских промыслах работала золотопромывочная машина его конструкции. Исследуя существующие способы извлечения золота, он, выяснил, что при промывке золотых песков добывали в 131 раз мень-



ше золота, чем его содержалось фактически в песках.

Аносов поставил перед собой задачу — найти новые способы извлечения драгоценного металла из песков. Вскоре он предложил оригинальный метод — доменную плавку песков с высоким содержанием золота. Суть его метода заключалась в том, что при доменной плавке золото перейдет в чугун и потом его можно будет извлечь оттуда, растворяя металл в серной кислоте.

Способ был сначала проверен на плавке в небольших тиглях, а затем начали плавить пески в шахтной медеплавильной и в доменных печах. Опытные плавки дали неплохие результаты — так, при доменной плавке выход золота был в 28 раз больше, чем при обычной промывке золотого песка.

Свои опыты с золотом Аносов проводил в начале 1837 г. Первое сообщение о них он отправил в Петербург 20 марта. Обычно медлительная бюрократическая машина империи Николая I здесь начала действовать в спешном порядке — ведь речь шла о золоте!

Ученый совет корпуса горных инженеров на специальном заседании заслушал доклад «О последствиях произведенных господином Аносовым опытов над обработкою золото-содержащих песков».

«Сей способ, — говорил докладчик, — уже в началах и существе своем весьма важен и принадлежит к числу самых счастливых и богатейших последствиями открытий в области горнозаводского производства. Господину Аносову исключительно принадлежит честь завершить важный переворот в золотом производстве и разлить новый свет на эту отрасль промышленности. Самая простота процесса ручается за его совершенство и выгоды».

28 апреля Ученый комитет принял решение о продолжении опытов Аносова. О них доложили царю, и на докладной записке по этому вопросу тот не замедлил написать резолюцию: «Согласен. Мне любопытно знать

подробнее сие производство. 30 апреля 1837 г.».

Министр финансов направил Аносову письмо:

«Объявляю вам мою просьбу и мое приказание обратить на сие дело неусыпное ваше внимание, донося почаще об успехах ваших действий».

Летом в Екатеринбург приехал новый начальник заводов Уральского хребта генерал-лейтенант В. А. Глинка. Аносов ожидал от него большой помощи — ведь Глинка был участником совещания корпуса горных инженеров, на котором опыты получили такую высокую оценку.

Но изобретатель помощи не дождался. В Екатеринбурге среди горных офицеров нашлись недоброжелатели Аносова — они завидовали его славе и считали выскочкой, которому неожиданно повезло. Видимо, под их влиянием Глинка начал действовать против Аносова. В июле он объявил, что лично явится в Златоуст для ревизии опытов.

В большой спешке проводилась подготовка опытов. Автора изобретения фактически отстранили от дела. Состав песков для плавки предварительно не был проверен, плавку вели без контроля. Одним словом, все делалось иначе, чем при Аносове. Опыты не дали удовлетворительных результатов. Через месяц Глинка послал рапорт, где писал: «Удобства плавки чугуна на песке не подтвердились».

Аносов отказался подписать «Журнал действий комиссии» и, несмотря на запрет Глинки, продолжал сам опыты. Ему снова удалось извлечь золото из чугуна и он послал его в Монетный двор. В декабре 1837 г. директор Монетного двора сообщал, что получил от Аносова пять пакетов с золотом, извлеченном при плавке песков.

Сановный чиновник Глинка оказался сильнее горного офицера Аносова. Горный департамент решил прекратить опыты, а министр финансов на докладной записке наложил резолюцию: «Согласен».

А опытами Аносова заинтересовались уже за границей. Генерал-майор Андельгонд писал из Парижа, что вся ученая Европа заинтересована опытами Аносова, и что французские химики соглашались их продолжать. Спустя год пришел запрос даже из

Египта — вести об аносовских опытах дошли и до египетского паши.

Однако царские чиновники помешали Аносову довести дело до конца.

На этом и закончились плавки с золотистым чугуном.

ОПАСНЫЙ СПЛАВ

В мае 1908 г. из Стокгольма вышел пароход «Улеаборг». На следующее утро после отплытия пассажиры второго класса и часть команды стали больными. Все заболевшие оказались около трюма и чувствовали во время пути исходящий оттуда чесночный запах. Их перевели в каюты первого класса, более удаленные от грузовой части парохода. Тем не менее один из заболевших к вечеру умер. В Ганге груз отправили на берег, а пароход пошел дальше. Все больные выздоровели, кроме одного матроса, умершего два дня спустя.

Причиной отравления оказался ферросилиций. В истории техники начала XX в. были зарегистрированы и другие случаи отравления от ферросилиция. Только за 1905—1908 гг. было отмечено девять случаев отравления, причем из 78 заболевших 28 скончалось. Это привело к тому, что почти все крупные судовые компании стали отказываться от приемки грузов с опасным сплавом.

Начались исследования причин подобного действия ферросилиция. Было замечено, что отравления связаны с выделением из сплава газа, который был признан ацетиленом, с сопутствующими ему примесями. Выяснилось также, что свойством разлагаться и выделять газы обладают лишь некоторые сорта ферросилиция с определенным содержанием кремния.

Русские исследователи Н. С. Курнаков, Г. Г. Уразов и Ю. Г. Жуковский доказали, что ферросилиций под действием влаги и при определенном составе разлагается с выделением ацетилена с примесью мышьяковистого и фосфористого водорода. Смесь этих газов очень ядовита и обладает

чесночным запахом. Установлено, что разложение сплава связано с присутствием в нем алюминия и фосфора. Особенно легко разлагается ферросилиций с содержанием 50—65% кремния, поэтому сплав с таким содержанием кремния сейчас не производится.

Ферросилиций добавляют в готовую сталь для улучшения ее качества и для раскисления. Выплавляют его и в доменных печах, и в специальных ферросплавных электропечах. Дело в том, что с увеличением содержания кремния в сплаве температура восстановления основного элемента возрастает. При низком содержании кремния в железе температура восстановления сравнительно невысока и это определяет возможность выплавки бедного (9—14% кремния) ферросилиция в доменных печах.

Восстановление кремния с получением богатого ферросилиция возможно лишь при высоких температурах и, следовательно, только в электропечах специальной конструкции.

Печь загружается необходимыми материалами. Электрический ток подводится к электродам, нижние концы которых находятся в плавильной ванне. Здесь электрическая энергия превращается в тепловую. В печи создается очень высокая температура (4000°C и выше), происходит плавление материалов и осуществляются сложные химические реакции. Когда процесс полностью закончится, готовый металл через летку выпускают в ковш.

Основные рабочие, обслуживающие ферросплавную печь, — старший плавильщик (бригадир), плавильщик, горновой и его подручный.

Старший плавильщик руководит работой своей бригады, ведет технологический процесс выплавки ферросплавов, принимает участие в горячих и холодных ремонтах печи, ведет учет проделанной работы.

Плавильщик помогает бригадиру и сам участвует под его руководством во всех работах, связанных с ведением плавки и ремонтом печи. Он заменяет бригадира во время его отсутствия.

Горновой производит подготовку, разделку и заделку летки, выпуск и разливку металла и шлака из печи,

берет пробы металла и шлака, следит за состоянием оборудования у горна.

Чтобы управлять процессами производства ферросплавов, все рабочие, обслуживающие печь, должны хорошо знать технологию выплавки ферросплавов различных марок, основы электрометаллургии и электротехники, конструкцию и условия эксплуатации печи, контрольно-измерительную аппаратуру, правила техники безопасности. Знакомство с физико-химическими свойствами сплава помогает избежать опасных последствий.

ЗАСТЫВШАЯ МУЗЫКА В МЕТАЛЛЕ.

Каслинский заводик был основан в 1747 г. как чугунолитейный, но особенно прославился с начала XIX в. своим художественным литьем. Здесь производились из чугуна архитектурные украшения, садовые столики, стулья, скамейки, вазы, решетки, скульптуры и различные бытовые предметы с рельефным и ажурным орнаментом.

Чугунные скульптуры каслинцев экспонировались на выставках в Петербурге и Москве, Париже и Вене, в Филадельфии, Копенгагене и Стокгольме и неоднократно удостоивались высоких наград. Шедевр каслинского литья — Чугунный павильон, созданный для Всемирной Парижской выставки 1900 г., был восстановлен каслинскими мастерами пятьдесят лет спустя. Они отлили недостающие детали, а их оказалось более тысячи, любовно собрали его и мы снова можем любоваться им в Свердловской художественной галерее.

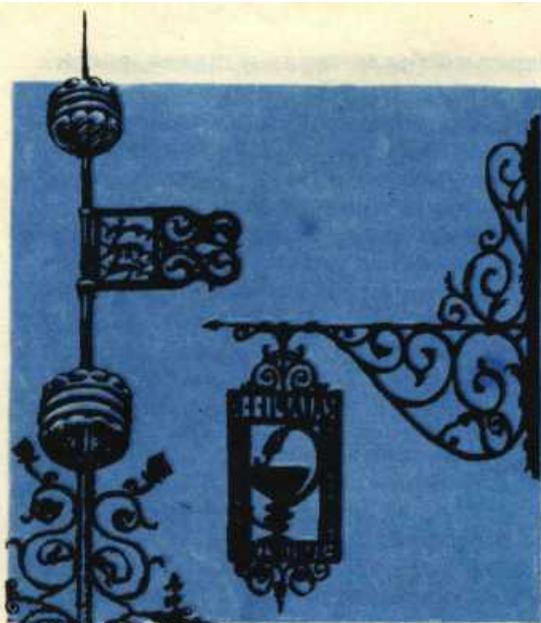
Многие изделия уральского чугунолития выполнялись по моделям известных русских скульпторов — Ф. П. Толстого, П. К. Клодта и др. Но не меньшее значение имел и кропотливый труд мастеров-литейщиков. Каслинские мастера обладали высоким художественным мастерством и сами становились авторами моделей. Одним из таких мастеров был формовщик Василий Торокин.

В свободные от работы часы он занимался лепкой. Учился в заводской скульптурной школе. Тайком от начальства, работая по ночам, он вылепил статуэтку «Старуха с прялкой», оказавшуюся очень правдивой и художественно выразительной. История создания этой скульптуры послужила основанием писателю П. П. Бажову для создания сказа «Чугунная бабушка».

Современные каслинские мастера выполняют портреты, скульптурные группы, фигуры животных, композиции для оформления городов, парков, станций метро, мостов, набережных.

Кажется, легкий кружевной занавес опущен по фасаду семиэтажного здания Челябинского филиала ЦНИИ швейной промышленности. В ажурный орнамент тонко вписаны стилизованные изображения птиц, зверей и растений. Это декоративное панно высотой 25 м в удачном сочетании с узорной решеткой ворот под въездной аркой — новая творческая работа челябинских архитекторов и каслинских мастеров художественного чугунолития. Около пяти тысяч литейных деталей изготовили мастера.

Чугунные узоры, впервые широко использованные в архитектурном оформлении общественного здания, стали достойным украшением глав-



ФЛЮГЕР И ВЫВЕСКА
АПТЕКИ СТАРОГО
ТАЛЛИНА

РУССКИЙ КОВАНЫЙ СВЕТЕЦ,
ЛИЧИНА ЗАМКА И ЛАРЕЦ
ИЗ ПРОСЕЧНОГО МЕТАЛЛА



ной магистрали Челябинска—проспекта имени В. И. Ленина.

Литейщик — представитель такой же древней профессии, как кузнец. «Зрелище природы и художеств» в 1784 г. сообщает: «Литейщики имеют право лить разного рода большие и малые вещи; однако же они обыкновенно лют только малые сосуды, как то церковную утварь, кресты, дароносицы, кадилницы, лампы, подсвечники и проч. Несмотря на то, были литейщики, кои изяществом своей работы себя отличили; ибо они выливали из меди ковчеги, орлов, статуи необыкновенной тяжести и особенного и редкого изображения».

Современные литейные профессии включают немало специальностей. Модельщики изготовляют будущую деталь из дерева — модель. Работа виртуозная — по чертежу будущей детали все перевести в модель, используемую при формовке. Земледел готовит литейную формовочную, землю особо огнеупорной стойкости и пластичности, чтобы сохранить форму будущей детали. Формовщик берет модель, использует литейную землю и осуществляет формовку. Форма после сушки поступает к заливщику металла. Готовая отливка после остывания поступает к обрубщику, который удаляет приливы и различные дефекты.

Продолжим наш рассказ о застывшей музыке в металле — замечательных художественных изделиях из чугуна, железа и стали.

Помните пушкинские строки «Твоих оград узор чугунный»? «Полночных стран краса и диво», северная столица России славилась решетками мостов и набережных, литых чугунных и кованых железных. Именно их и воспел русский поэт. И сейчас они служат украшением Ленинграда. Один необычный коллекционер — главный инженер треста эксплуатации мостов и набережных города П. П. Степнов в своей картотеке зарегистрировал решетки всех мостов и набережных Ленинграда. Протяженность художественных чугунных решеток мостов в городе

10 830 м, а длина кованых железных решеток на набережных 53 570 м.

Решетка Летнего сада со стороны Невы считается лучшей среди декоративных оград. 36 монолитных колонн всей ограды поддерживают выкованные тульскими кузнецами звенья железной решетки. Удивительна гармоничность этого, словно парящего в воздухе, металлического кружева из копий, удлиненных прямоугольников и лепных розеток. Ворота в центре ограды украшены более сложным узором. Авторами решетки принято считать русских архитекторов Ю. М. Фельтена и П. Е. Егорова.

Существующая вдоль южной границы Летнего сада чугунная решетка с воротами была отлита и установлена в 1826 г. по проекту Л. И. Шарлемана. Она состоит из невысоких пик, связанных горизонтальными полосами по столбам, украшенных изображениями головы медузы.

Имеются сведения о том, что в 20-х годах XX в. американские бизнесмены предлагали за ограду Летнего сада сотню паровозов, но А. В. Луначарский от имени советского правительства с возмущением отверг это предложение.

Железо как художественный материал использовалось в древности в Египте (подставка для головы из гробницы Тутанхамона около Фив, середины XIV в. до н. э.), Месопотамии (кинжалы, найденные около Керхемиша, 500 г. до н. э.), Индии (железная колонна в Дели, 415 г.). Со времен средневековья сохранились многочисленные высокохудожественные изделия из железа в странах Европы (Англия, Франция, Италия, Россия и др.) — кованые ограды, дверные петли, настенные кронштейны, флюгера, оковы сундуков, светцы. Кованые сквозные изделия из прутьев и изделия из просечного листового железа имеют плоскостные формы, четкий линейно-графический силуэт и эффектно просматриваются на световоздушном фоне.

Искусство просечного железа относится к отдаленным временам развития кузнечного дела. В древнерусском декоративном искусстве просечной металл распространился очень широко. «Плоскостное узорочье» вплеталось в белокаменную резьбу Владимиро-Суздальской Руси подзорами крыш и куполов, фонарями, дверными петлями. В домах просечными полосами оковывались сундуки, шкатулки. Просечное железо воронили, лудили, покрывали позолотой.

Искусством¹ кованого железа издавна славится Болгария. >

Дом лучшего болгарского мастера по железу Страхила Кокурова на окраине Софии. Здесь из железа уличный фонарь перед дверьми в дом, перила внутренних лестниц, рама для зеркала, бра, журнальный столик, рабочий стол, чернильный прибор, шкатулки, подсвечники, дверные ручки.

Создание художественных изделий из железа — глубоко национальное искусство Армении. Традиции ярко проявляются в творчестве молодого художника Вартана Оганяна. Созданные им подсвечники, бра, приборы для камина, декоративные украшения привлекают изяществом исполнения, разнообразием форм, изысканным вкусом. Художник часто прибегает к сочетанию металла и дерева. Тогда кованое железо рядом с теплым оттенком дерева приобретает неповторимую красоту и монументальное звучание. Изделия из металла Оганяна прекрасно вписываются в интерьеры, в оформление архитектурных экстерьеров. Сам характер творчества молодого художника предполагает тесное содружество с архитектурой. К примеру, одно из его произведений — огромная декоративная люстра — предназначено для панорамного кинотеатра «Урарту». Несмотря на свои внушительные размеры, она, кажется, легко парит под высоким плафоном.

Бельгийский архитектор Виктор Орта — один из основоположников и теоретиков стиля модерн в архи-

текстуре — основу своего стиля искал в извилистой линии, получившей название «удар бича». По мысли архитектора она выражает физические свойства железа и в то же время воплощает нервный напряженный дух эпохи.

Известный советский скульптор С. Т. Коненков писал: «Во многом выразительность скульптуры зависит от соответствия идеи и материала. Греки любили нежную поверхность мрамора, а мы чаще обращаемся к граниту, нержавеющей стали, чугуну. Эти материалы более других соответствуют нашему времени».

Ранней весной 1937 г. открылась Всемирная выставка в Париже «Искусство, техника и современная жизнь». Перед советским павильоном на 33-м высоте была установлена скульптурная группа В. И. Мухиной «Рабочий и колхозница» высотой 24,5 м и массой 7,5 т. Оболочки фигур выполнены чеканкой по форме листов хромоникелевой нержавеющей стали толщиной 2—3 мм. Нержавеющая сталь — самый современный в технике материал — поражал всех удивительной скульптурной пластичностью, красотой цвета, соответствием материала идее композиции.

Теперь «Рабочий и колхозница» занимает почетное место перед центральным входом ВДНХ. Сталь-

ные гиганты словно летят навстречу людским толпам, наполняющим выставку, навстречу облакам — в распахнутое от края до края небо.

Листовая нержавеющая сталь как материал декоративный и долговечный все чаще применяется в архитектуре. Примером может служить обработка широкой рифленой полосы из нержавеющей стали для пилястров и колонн на станции московского метро «Маяковская».

Сооруженный в Днепропетровске и открытый 31 октября 1967 г. монумент «Родина» представляет собой сложное архитектурное сооружение. Высота монумента более 30 м. На вершине его находится 9-м литая скульптура женщины из нержавеющей стали. Толщина стенок отливки при больших размерах составляет всего 10—25 мм. Отливали ее по выплавляемым моделям.

Два года спустя коллектив Днепропетровского завода металлоконструкций для возводимого в районе Корсунь-Шевченковского плацдарма монумента боевой славы изготовил прямую как струна пятиугольную 69-м стальную колонну. Вершину ее венчает пятиконечная звезда, в которую вмонтировано 1700 зеркал из полированной нержавеющей стали. Звезда будет ярко сиять над полем брани, где Советская Армия на-



голову разгромила полчища фашистских оккупантов.

Сложное инженерное сооружение массой около 600 т представляет собой стометровый металлический штык. На Молодечневском заводе металлоконструкций рабочие изготовили из самых прочных сталей девять секций штыка и доставили их в Брест на монтажную площадку. Здесь секции надежно сварили, металл подвергли идеальной очистке, затем покрыли стойкими антикоррозионными пленками. Брестский штык вознесся над руинами легендарной крепости как символ великой победы, как памятник-монумент павшим героям.

Искусными руками старых тульских мастеров отливались пушки и ядра, громившие врагов земли русской. Эти же руки, приручившие расплавленный металл, создавали красоту, которой испокон века привык окружать себя русский человек и в крестьянском быту, и в ратном деле.

Изделия тульских златокузнецов, сработанные из стали, ценились наравне с ювелирными украшениями. Зеленой и фиолетовой, черной и розовой, матовой и сверкающей как алмаз становилась сталь в искусных руках. Шкатулки, столики, оружие, канделябры, письменные приборы, печатки, браслеты, изготовленные в XVIII—XIX вв. тульскими мастерами, стали гордостью русского прикладного искусства и украшением коллекций лучших музеев мира.

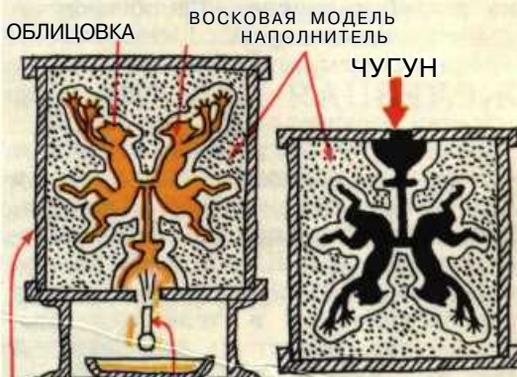
В наше время тоже получают цветную сталь. Есть даже особая термическая операция — колоризация стали: нагрев шлифованной или полированной стали до 200—300° С, в результате чего на поверхности образуется оранжевая или синеватая пленка, придающая металлу приятный декоративный вид и повышенную коррозионную стойкость.

Научные сотрудники Московского института стали и сплавов под руководством академика Н. Т. Гудцова еще в послевоенные годы разработали способ изготовления цветной стали, которая имеет одинаковую окраску во всей толще металла. Иссле-



В. И. МУХИНА, „РАБОЧИЙ И КОЛХОЗНИЦА“

ТОЧНОЕ ЛИТЬЕ



ОПОКА
ГОРЯЧИЙ ВОЗДУХ



КАСТИНСКИЙ ЗАВОД, П. К. Клодт, «ЛОШАДИ».

дователям удалось получить золотистую и розовую сталь. В ходе испытаний цветная сталь хорошо сваривалась и не ржавела.

Металлурги ищут способы получения цветной нержавеющей стали. Американско-английская компания «Интернэшнл никель» разработала процесс, который позволяет делать нержавеющую сталь четырех цветов — красного, синего, зеленого и золотого. Сталь «окрашивается» при помощи концентрированного раствора хромовой и серной кислот, куда погружается изделие. В итоге поверхность покрывается цветной пленкой, которая закрепляется в менее концентрированном растворе при помощи электролитического процесса. Цвета и их оттенки зависят от концентрации и температуры раствора, а также продолжительности погружения изделия в него.

Английские химики из Бирмингама разработали свой способ получе-

ния цветной нержавеющей стали. Деталь помещается в электролитическую ванну со смесью в определенных пропорциях воды, серной кислоты и гидроокиси хрома. От силы тока и длительности выдержки зависят толщина, прочность и характер цветного слоя. Поверхность металла окрашивается в интенсивный голубой и зеленый цвет, можно получить также и оранжевую окраску.

Основываясь на тенденциях развития современного ювелирного искусства, английский дизайнер А. Тайлор считает, что в ближайшем будущем станут самыми модными украшения из нержавеющей стали. Она очень красива в отполированном виде, ее холодный блеск напоминает античную полировку. Английские ювелиры приняли во внимание прогнозы дизайнера и уже выпускают из нержавеющей стали щитовидные броши, ожерелья-цепочки, звенчатые пояса, подвески, кольца, серьги.

ЖЕЛЕЗНАЯ КАМЕРА

Любопытное устройство, названное «Железной камерой», находится в Арагонской национальной лаборатории—старейшем центре атомных исследований в США. В этой камере определяется содержание и характер радиоактивности в теле человека. Устройство, состоит из многоканального амплитудного анализатора импульсов и большого кристалла йодистого натрия. Камера размером 2,4 X 1,8 м и высотой 1,93 м построена из толстых пакетов листовой стали толщиной 6,35 мм. Общая толщина стен и потолка камеры около 600 мм. К чему такое убежище?

Стены такой толщины позволяют изолировать помещение камеры от проникновения космического излучения. Все сделано для того, чтобы только человек, сидящий в кресле внутри камеры, был источником излучения. Получены любопытные результаты.

Особенно ценным было исследование по изменению содержания радио-

активных веществ у людей, даже не имеющих дела с ними. В течение ряда лет вели наблюдения над одними и теми же пациентами. Содержание радиоактивных носителей в организме у них постепенно повышалось. Если до испытаний ядерного оружия главным в организме человека был калий-40, то позже появились цезий-137, стронций-90 и др. Таковы были последствия испытаний ядерного оружия.

Радиоактивность в организме человека, вызываемая искусственными носителями, уже превышала ту, которая создается природным радиоактивным изотопом калием-40. Кривая от осколочных элементов, находившаяся где-то значительно ниже кривой калия-40, позже стала угрожающе подниматься, пересекла линию калия-40 и поднялась над ней. Советская научная экспедиция, исследовавшая воды в Индийском океане, установила, что содержание радиоактивного изотопа стронция-90 зна-

чительно уменьшилось. Так, в поверхностных водах сейчас регистрируется почти в два раза меньше радиоактивных распадов, чем 20 лет

назад. Следы же испытаний ядерного оружия тем не менее остались: на глубине 50 м количество стронция-90 по-прежнему повышенное.

КУРОРТ У ДОМНЫ

На металлургических заводах во время гранулирования доменных шлаков в клубах пара ясно ощущается запах сероводорода, знакомый многим больным, лечившимся на курортах Мацесты, Пятигорска и др. В 1916 г. на это явление обратил внимание доктор М. П. Трунов.

Учитывая, повышенную температуру шлаковых вод и наличие в них серных соединений, Трунов начал применять их для лечения кожных заболеваний и хронического ревматизма. Для этой цели на литейной канаве у доменной печи в Липецке была выстроена купальня.

По отзывам Трунова, результат лечения шлаковыми водами был очень хорош.

Известно, что и в Керчи на металлургическом заводе на канаве для шлаковых вод тоже купались больные, излечиваясь от хронического ревматизма и некоторых кожных заболеваний.

В начале 30-х годов XX в. рабочий Днепропетровского металлургическо-

го завода А. И. Медвинский, приехав с курорта, узнал в шлаковых водах знакомый запах лечебных вод. Благодаря его настойчивости на заводе была построена небольшая водолечебница и в течение трех лет там проводились лечения. За лето 1931 г. около 300 больных приняли здесь более 3,5 тыс. ванн.

Сейчас шлаководолечебницы действуют при металлургических заводах им. Петровского, им. Дзержинского, Криворожском, «Запорожсталь», Макеевском, Липецком, Косогорском.

Имеются подтверждения медиков об эффективности лечения и целесообразности расширения шлаководолечения при металлургических предприятиях.

По данным Свердловского научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии, вода грануляционных установок Нижнетагильского цементно-шиферного завода, где обрабатывается шлак Нижнетагильского металлургического комби-



ната, по химическому составу относится к сульфатнохлоридокальциевонатриевой. Содержание сероводорода достигает 20 мг/л. Конечно, это много меньше, чем в мацестинской воде. Однако по физиологическому действию на организм человека шлаковые воды оказывают влияние, сходное с сернощелочными водами типа мацестинских и пятигорских.

Повышенная температура шлаковых вод и наличие полезных минеральных солей и сероводорода дают возможность их лечебного использо-

вания. В шлаководолечебницах при заводах им. Петровского и Косогорском шлаковые воды используются для лечения хронических заболеваний опорно-двигательного аппарата, заболеваний периферической нервной системы, хронических гинекологических и некоторых кожных и других заболеваний.

У медиков есть уже первые количественные данные. Так, эффективность лечения при полиартритах деформирующего характера и чешуйчатом лишае 65—70%.

ЖЕЛЕЗНЫЙ АМУЛЕТ

К копытам наших лошадей мы прикрепляем пластины из особого твердого вещества, называемого железом, чтобы они не истирались при езде по каменистым дорогам.

Д. Свифт. Путешествия Гулливера

По мнению суеверных людей подкова приносит счастье человеку и избавляет его от беды. Найденную подкову не бросали, ее несли домой и прибывали над порогом.

Когда появились подковы? Древние не зналиковки коней. Боевые кони, не имевшие подков, легко портили ноги. Часто случалось, что из-за этого целые отряды римской и греческой конницы выбывали из строя. Для предохранения ног лошадей римляне использовали особые «конские сандалии» — башмаки, прикрепляемые к копытам. Однако такие башмаки были очень неудобны и на практике применялись редко.

Ковку лошадей впервые начали галлы, причем подковы изготавливались из железа или бронзы. В VI в. изредка своих коней подковывали германцы, славяне и вандалы. Конная статуя Карла Великого в Париже позволяет утверждать, что французские кони к началу IX в. были подкованы. Однако во всеобщее употребление в Европе ковка лошадей вошла только в XII в. Это позволило использовать лошадей в сельском хозяйстве при обработке каменистых почв, что повысило урожайность.

Ковка лошадей требовала от кузнеца большого искусства. Рассказывают, что в средневековых цехах немецких городов для кузнецов обычным испытанием было изготовление конской подковы без снятия мерки. Перед экзаменуемым подмастерьем два-три раза проезжали на лошади, для которой он должен был отковать подкову.

Ну, а чем же объяснить такое пристрастие к подкове в народных приметах? Почему она была своего рода амулетом?

Форма подковы напоминает прибивающую луну, а в древнем Вавилоне и Египте это было символом почитающихся там богинь плодородия Астарты и Исиды.

Подкова делалась из железа, которое издавна почиталось у некоторых народов металлом, имеющим волшебную силу против злых духов.

Есть и экономическое обоснование. В крестьянском хозяйстве малейший кусок железа был большой ценностью. Считалось счастьем найти подкову. Первоначальная радость материальной ценности предмета послужила источником приметы удачи, сопровождающей эту находку.

ТЕХНИКА ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗА



СТАРИННЫЕ РЕЦЕПТЫ

В предыдущих главах мы рассказали о свойствах железа и об использовании его в технике, строительстве, на транспорте, в искусстве. А теперь — о некоторых технологических новинках в области получения и обработки железа. Начнем свой рассказ со старины: вспомним — а как было раньше?

Древние металлурги, обладавшие высоким искусством ручной обработки металла, добывали по крупинкам драгоценный опыт вслепую без всякой помощи теории.

Ценные наблюдения за изменением свойств металла в процессе обработки смешивались с суеверными выдумками.

В летописи одного древнего храма в Балгале (Малая Азия) нашли рецепт закалки кинжала: «Нагреть до тех пор, 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 придает металлу твердость».

Кстати, закалка стали была одной из областей техники, где господствовали наиболее нелепые взгляды. Думали, что необходимую прочность сталь приобретает путем восприятия чудодейственных свойств различных веществ при закалке. Рассказывали, что дамасские оружейники закаляли свои знаменитые клинки в горном ущелье, где обычно дули сильные северные ветры.

Высокие качества знаменитых испанских шпаг из Толедо объясняли таинственными свойствами особой воды, в которой они закаливались. В середине XVII в. специально возили на кораблях в Америку из Англии воду, чтобы добиться таких же результатов при закалке стали. Старинные английские патенты указывают, например, что полевые цветы должны быть необходимой добавкой к закалочной жидкости. Высокая твердость стали объяснялась тем, что углерод в металле при закалке, якобы, превращается в алмаз.

Современный термист по установленному технологическому процессу производит закалку, отпуск и отжиг заготовок и деталей различных форм и размеров из простых и легированных сталей. Это очень интересная и сложная профессия, требующая больших теоретических знаний о свойствах металлов. Надо знать, как различные виды термообработки придают металлу те или иные свойства: закалка увеличивает твердость стали, отпуск снижает внутренние напряжения в детали, отжиг придает металлу вязкость.

В старину выходили журналы, в которых нередко печатались разные советы по ремесленной части, иногда и по металлургии.

В первой половине XIX в. в «Журнале мануфактур и торговли» описывался «способ превращать хрупкий чугуны в мягкое железо, пересыпая

онный сахаром». Способ «сладкой металлургии» заключался в следующем. Твердый и хрупкий чугун помещали в закрытый сосуд, пересыпая его слоями сахара-сырца. Затем подвергали его нагреву в течение 19–20 ч, и чугун превращался в самое мягкое и довольно ковкое железо. В заметке отмечалось, что «открытие сие действительно может быть полезно при обработке железа, а особливо если бы сахар был дешевле, нежели как он ныне есть в Европе...»

Русский автор, взявший эту заметку из немецкой газеты, справедливо

добавляет: «Сахар не производит здесь никакого действия, а служит только прикрывашкой».

Однако и в наше время рекомендуют использовать сахар... в литейном деле. Исследования, проведенные в Шечинском политехникуме (ПНР), неожиданно показали, что наилучшим добавлением к формовочной смеси Для отливки металла является... сахар.

Минимальная примесь его к массе позволяет без труда очищать отливку, значительно облегчая и ускоряя труд литейщиков.

МИКРОМЕТАЛЛУРГИЯ

Современная металлургия гордится своими гигантскими агрегатами — огромными домнами в 5000 м³, 350-т конверторами. Конструкторы работают над созданием еще больших агрегатов — и вдруг ...микрометаллургия. Зачем она?

Всем известен лесковский Левша, который подковал блоху, видимую лишь в «мелкоскоп». Правда, позднее писатель признался, что ни Левши, ни микроскопической блохи на самом деле не было, все это он придумал.

Однако в наши дни существует несколько таких умельцев, ничуть не

уступающих легендарному Левше в своем мастерстве.

В 1974 г. в Москве впервые собрались вместе удивительные мастера, о феноменальных трудах которых уже ходят легенды — Н. Сядристый, М. Маслюк, Э. Казарян, Н. Воробьев, Д. Хандрос.

Больше сотни работ привезли мастера с собой в Политехнический музей на выставку «Мир чудес». Среди экспонатов мотор-пылинка, замок, который в 50 000 раз меньше макового зерна, самый маленький в мире мозаичный глобус и десятки других уникалов.



Агроному из Закарпатья Н. С. Сядристу удалось не только подковать блоху в буквальном смысле слова и оставить на подковах свои инициалы, но и сделать миниатюрную розу, спрятанную в высверленном волосе. Чтобы ее рассмотреть, нужно увеличение в 900 раз.

Удивительные изделия уральского умельца А. М. Сысолятина также известны многим. Представьте себе швейную иглу диаметром 0,8 мм, в ней еще одну, а в этой — третью диаметром 0,15 мм, или самовар высотой 5 мм, состоящий из многих деталей.

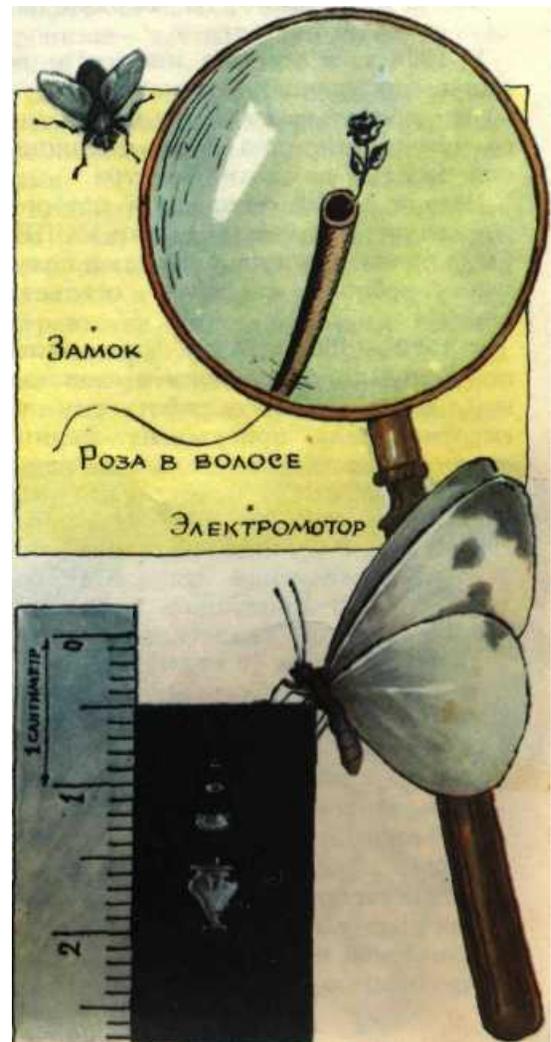
Вначале фантастическое мастерство миниатюры вызывало только восхищение. В искусстве этих мастеров не видели какого-либо практического значения, например, для техники. Теперь же оказалось, что их труд может приносить ощутимую практическую пользу, может внести существенный вклад в технический прогресс.

Ученым-микробиологам потребовался инструмент для хирургии живой клетки. От сложного заказа отказались специальные предприятия — советские и зарубежные. Их смог выполнить А. М. Сысолятин, создав уникальные микроинструменты, вдвое меньше заказанных!

Изготовленный Н. С. Сядристым бронхоскоп помог спасти жизнь ребенку. Ему заказывают инструменты врачи, научные работники, инженеры.

Недаром его пригласили работать в лаборатории прославленного Института сверхтвердых синтетических материалов в Киеве. Там он создает разнообразные резцы, иглы.

Современную технику характеризуют тенденции — рост гигантов и миниатюризация. Микроминиатюризация, объединяющая химические средства и миниатюрные по размерам устройства, получает все большее применение в радиотехнике и электронике. Такое направление развития техники возможно и в других отраслях, например в металлургии.



Микрометаллургия сейчас уже имеет свою историю.

Институт прикладной физики при Ленинградском госуниверситете в 1934—1935 гг. начал промышленное использование токов высокой частоты для плавки, закалки и пайки металлов. Талантливый экспериментатор в области металлургии А. В. Улитовский применил плавку малых количеств металла при помощи токов высокой частоты на радиочастотных диапазонах коротких волн. В маленькой мастерской на самодельном оборудовании методом жидкой штамповки чугуна получали в смену 20 000 мелких деталей массой около 100 г каждая.

Эту технологию изготовления изделий непосредственно из жидкого металла академик И. П. Бардин назвал микрометаллургией.

В 1936 г. в том же институте на маленьких валках диаметром 20—30 мм прокатывали ленту из жидкого чугуна шириной 2 см и толщиной десятые доли миллиметра.

Весной 1937 г. впервые в истории металлургии на заводе имени МОПРа была прокатана жидкая сталь и получена доброкачественная стальная лента.

В 1952—1956 гг. А. В. Улитовский получил микропроволоку в стеклянной изоляции. За эту работу ему посмертно была присуждена Ленинская премия 1960 г.

Сейчас в СССР имеется уже несколько заводов по выпуску микропроволоки. Ведущим среди них считается кишиневский завод «Микропровод». Его продукция защищена 70 авторскими свидетельствами и экспортируется в 30 стран. На мировом рынке ей нет равных.

Вполне возможно, что теперь паутине, одной из самых тончайших природных нитей, придется уступить «роль» эталона литому эмалированному проводу, способ производства которого предложен в Кишиневском НИИ электроприборостроения, 12000 м такой надежно изолированной металлической нити с высокой электропроводностью будут весить всего 1 кг.

Диаметр нового электропровода вместе с изоляцией 4 мкм. А гибкость эмалированной нити позволяет наматывать ее на каркасы диаметром 20—30 мкм. Все эти особенности электропровода-паутины обеспечат ему широкое применение в приборостроении, радиотехнике, радиоэлектронной промышленности.

Лаборатория проволоки калиброванного металла Магнитогорского научно-исследовательского института метизной промышленности наладила изготовление тончайшей железной проволоки, тоньше человеческого волоса. «Железный волосок» диаметром 40 мкм отгружают предприятиям сотнями килограммов. Обладая высокими электрофизическими свойствами, проволока широко используется в различных узлах и элементах электронной аппаратуры.

Переход на массовое производство микроминиатюрных приборов, превосходящих по своим качествам обычные, ежегодно сберегает тысячи тонн цветных металлов и трансформаторной стали. А использование этих приборов в народном хозяйстве экономит более ста миллионов рублей в год.

Миниатюрный прокатный стан высотой ниже человеческого роста с мощностью электродвигателей всего 55 кВт и площадью в 25 м² создан в Киеве.

Стан-лилипут прокатывает в листовой материал холодные порошки железа, нержавеющей стали, вольфрама или смесь порошков.

Полученная из порошков широкая прессованная лента проходит операцию спекания в печи, после чего становится гибкой и упругой. Толщина ее может быть не больше толщины лезвия безопасной бритвы. Таким способом из порошков получают материал, сплошь пронизанный мельчайшими порами.

Если через него профильтровать загрязненное масло или горючее для самолетов, то они становятся совершенно чистыми.

На этом же стане можно получать биметаллический провод — алюми-

ниевый со стальной сердцевиной, а также плотные медные, никелевые, магнитномягкие ленты, проволоку, прокатанные из порошков различных сплавов — все это прекрасные материалы для штамповки деталей различных приборов автоматической и телевизионной, радио- и электротехнической аппаратуры.

Сотрудники ВНИИметмаша и ЦНИИчермета создали прокатный стан, который свободно умещается в... чемодане. Диаметр отдельных его валков — всего 1,5 мм. И из этих валков выходит лента почти в 50 раз тоньше человеческого волоса.

Стан-малютку создали в лаборатории электроники АН БССР. Вместе с мотором он весит менее 5 кг и вполне уместится... в хозяйственной сумке. Его используют для получения тончайших ленточек из тугоплавких металлов. Проволока, прокатываемая валками микростана, в 10 раз тоньше человеческого волоса, а ленточки, получаемые там же, — в 50 раз. Работа на агрегате ведется при помощи микроскопа, имеющего сто-строкное, увеличение.

Специальная турбинка наматывает нити ленточек любой длины на барабан.

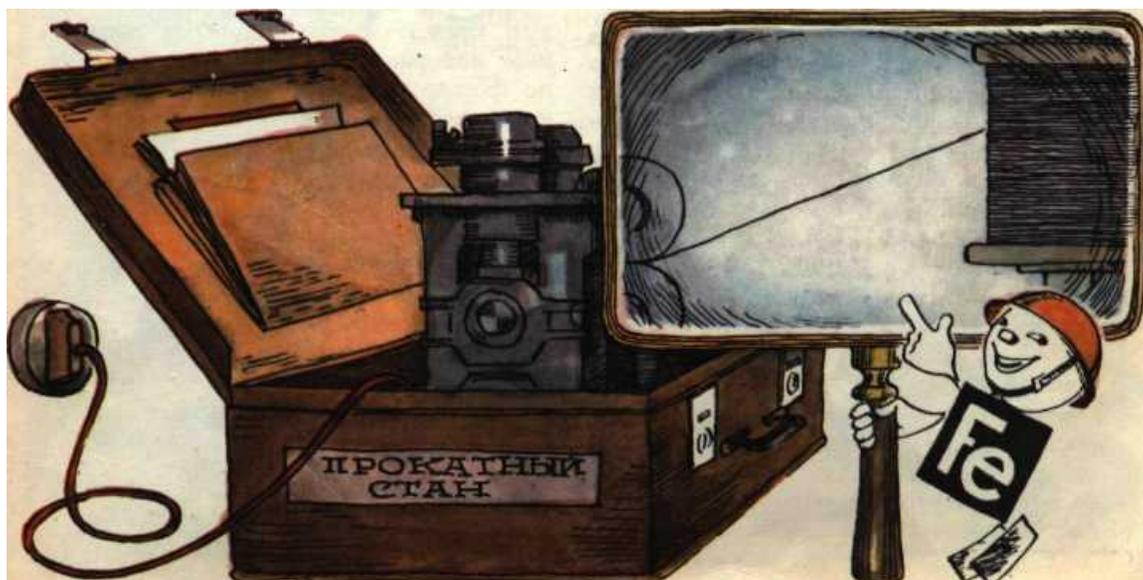
Микрометаллургия проникла и в область плавки металлов, созданы лабораторные установки для полу-

чения редких металлов, масса плавки не превышает десятков граммов. Однако уже и сейчас, не вскрывая вакуум-камеру, производят множество плавков.

Техника в наши дни предъявляет все больший спрос на редкие и сверхчистые металлы. Появились новые металлургические процессы: дуговой, электроннолучевой, зонный, капельный и др. Однако в электропечах эти металлы загрязняются стенками тигля. В 1930 с. ленинградский профессор В. П. Вологдин впервые применил токи высокой частоты для плавки металлов. Группе ученых лаборатории высокочастотной электротермии института им. А. Ф. Иоффе АН СССР под руководством канд. техн. наук А. А. Фогеля удалось создать печь без стенок. В нее не проникает ни одна посторонняя частица.

Сердце установки — небольшая камера, образованная двумя кольцами — высокочастотными индукторами.

Кольца создают электромагнитное поле, в котором свободно висит металлический шар. Через 2—3 мин зависший в пространстве металл разогревается индукционными токами до температуры 2000—3000°C. Для выпуска готового металла уменьшают мощность тока, и струя расплава,



не касаясь кольца, стекает в массивную медную изложницу или же для большей чистоты замораживается в висячем состоянии.

Новый процесс обеспечивает получение плотных однородных слитков многокомпонентных сплавов из порошкообразного прессованного материала. Чистота готового сплава не ниже чистоты исходных материалов.

В микрометаллургических исследованиях возможно использование минимальных количеств веществ: от 30 до 340 г. Такая миниатюризация исследований резко повышает экономичность и производительность лабораторных работ: продолжительность опытной плавки снижается до 5—10 мин, стоимость оборудования, расход сырья, эксплуатационные расходы намного ниже обычных. Состав металла контролируется легко и с большой точностью, обеспечивается полнота наблюдений и надежность полу-

чаемой информации. Использование малых количеств материалов позволяет обойтись без громоздких запасов и складских помещений. В Англии таким способом ведутся работы по изысканию новых высокопрочных нержавеющей сталей.

Развитие микроэлектроники вызвало интенсивное развитие методов получения пленочных схем, их дефектоскопии, термообработки и исследования электрофизических и других свойств. Разрабатываются новые методы микрометалловедения, которые, по мнению чл.-корр. АН СССР Е. М. Савицкого, в ряде случаев вытеснят громоздкие, требующие много металла и больших объемов экспериментальной работы прежние методы.

Микрометаллургия обещает дать большую экономию дорогих материалов, а также высокое качество продукции.

НЕОБЫЧНАЯ ПРОКАТКА

Традиционные приемы формования металла — литье, ковка, прокатка — в период научно-технической революции претерпевают иногда существенные изменения, приобретают новые возможности. К металлургам все в большей степени переходят первичная металлообработка, формообразование изделий.

Прокатка издавна считалась завершающей стадией металлургического производства. Однако всего лишь три вида прокатанных изделий не требуют последующей обработки — рельсы, шалки, трубы. Все остальное служит полуфабрикатом для машиностроительной промышленности. Причем получение готовых изделий при обработке на станках сопровождается огромной потерей металла на стружку — по нашей стране ежегодно не менее 8 млн. т.

Вот почему в период научно-технической революции появились попытки сделать прокатку более универсальным методом обработки металла давлением с целью замены неко-

торых процессов металлообработки. Приближение формы прокатываемого профиля к готовому изделию является самым эффективным средством снижения расхода металла в промышленности. Этому помогают новые процессы прокатки, созданные ВНИИметмашем.

Впервые в мировой практике методом прокатки производятся различные заготовки для машиностроения по форме и размерам очень близкие к готовому изделию.

Новый процесс получил название поперечно-винтовой прокатки. Основное отличие этих станков: валки устанавливаются относительно друг друга не строго параллельно, а под углом. Валки также часто имеют необычную коническую форму. Это изменило всю схему действующих на прокатываемый металл сил и открыло принципиально новый процесс — возможность деформировать заготовку не только вдоль, но и поперек. Да и сама заготовка принимает участие в процессе — она вращается и

как бы ввинчивается в валки. Этот способ очень выгоден для получения тел вращения с гладкой и ребристой поверхностью. Благодаря вращению заготовки в процессе ее обработки обеспечивается более высокая точность размеров изделия. В связи с непрерывностью процесса значительно упрощается автоматизация производства.

Созданные сотрудниками ВНИИметмашина станы поперечно-винтовой прокатки оказались в три-четыре раза производительнее, чем ковка и горячая штамповка, расход легированной стали при этом сократился до 20%. Такие агрегаты успешно работают на заводах ГПЗ-1 и ГПЗ-4, производя шарики диаметром от 25 до 45 мм. Шары при прокатке получают более правильной формы, чем при ковке или штамповке. Качество их поверхности значительно лучше, они не требуют повторного нагрева для закалки — они ее получают сразу при выходе из-под стана.

Внедрение прокатного агрегата для массового производства внутренних и наружных колец конических подшипников на ГПЗ-1 позволило ликвидировать тяжелый физический труд кузнецов-штамповщиков, снизить себестоимость и повысить коэффициент использования металла с 0,46 до 0,58.

Перспективно использование поперечно-винтовой прокатки для производства изделий в форме колец и профилированных втулок. На Харьковском велозаводе внебрили прокатку велосипедных втулок. Это сократило расход металла на втулку до 30%, увеличило производительность с 1000 до 7000 шт. в смену и полностью механизировало и автоматизировало производство заготовок.

Оригинальная прокатка круглых профилей переменного сечения может быть использована для производства ступенчатых осей, валов и других тел вращения переменного сечения по их длине. Станы для прокатки круглых профилей успешно используются на производстве. Действуют 11 станков различных размеров, причем на одном получают профили диаметром до 140 мм. Резко повышается производительность труда и снижается расход металла на 20—25%. Экономия достигается еще тем, что прокатанные детали могут быть тоньше и легче, так как их механические свойства значительно лучше.

Так, например, ударная вязкость прокатанного образца на 20—30% выше, чем у точеного, и на 5—12%, чем у кованого.

Заманчива замена прокаткой операции резания. В современном ма-



шиностроении используется процесс накатывания малой крепежной резьбы с шагом до 3—5 мм и длиной не более 150 мм. Винты с более крупной резьбой, червяки, заготовки червячных фрез и другие изделия с винтовой поверхностью изготавливают исключительно резанием. Много стружки, расходуется дорогой инструмент, занято много станков и станочников.

Советские специалисты разработали новый высокопроизводительный способ получения таких деталей методом поперечно-винтовой прокатки. Он выгодно отличается от старого способа резания. Резьба выполняется не сразу по всей поверхности заготовки, а в результате последовательного накатывания одного витка за другим. Это значительно снижает усилия, что и позволяет накатывать более крупную резьбу. Теперь можно накатывать резьбу на винтах с неограниченной длиной резьбового участка. Производительность стана в получении резьбы 0,3—1,2 м/мин, что в десять раз больше производительности резьборезных и резьбофрезерных станков.

Особенно прогрессивно внедрение новых методов для изготовления зубчатых колес, звездочек, шлицевых валов и других деталей. В стране ежегодно изготавливается 300 миллионов зубчатых колес. Чтобы выполнить эту работу обычными методами, потребуется увеличить парк зубообрабатывающих станков примерно на 5—6 тыс. Сейчас производство около

40% намеченной к выпуску продукции можно перевести на прокатку. Осуществление этой задачи потребует всего около 300 станков для прокатки зубчатых колес. Это позволит сократить выпуск зуборезного оборудования.

Впервые процесс горячей прокатки шестерен в промышленную практику ввели на конотопском заводе «Красный металлист». К 1971 г. прокатали более 1,5 миллионов шестерен. Производительность стана в 15—20 раз выше производительности зуборезных станков. Появились теперь они и на других заводах. При этом сокращается расход легированной стали, уменьшаются отходы вообще, появляется возможность автоматизации производства.

Традиционные методы формообразования в период научно-технической революции дополняются новейшими процессами, основанными на использовании высоких давлений, энергии ультразвука, взрыва, мгновенно создаваемого магнитного поля и т. п. Возрастает роль науки в создании и улучшении свойств новых материалов.

По мнению акад. Н. Г. Басова, на создание новых материалов сильное влияние окажет физика. Направленное изменение физических свойств материалов достигается благодаря воздействию высоких и низких температур, высокого давления и вакуума, плазмы, электромагнитных полей и различных излучений.

МЕТАЛЛЫ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Развитие физики высоких давлений теснейшим образом связано с развитием теории твердого тела и технологии металлургии и машиностроения. Уже сейчас синтезом под давлением получают совершенно новые материалы с прочностью, заметно превышающей все известные значения. На их основе созданы многоступенчатые конструкции, допускающие работу с давлениями около 1 ат и более.

Исследования превращений при высоких давлениях позволяют получить вещества с необычными свойствами.

При этих условиях резко меняется качество металлов. Например, при ударном сжатии под давлением до 9 млн. ат плотность железа возрастает вдвое. Энергия, накопленная в железе, при таком ударном сжатии в шесть раз превышает энергию взрыва тротила. Под давлением

133 ат электросопротивление железа возрастает в 3,5 раза.

Важным техническим достижением является обработка металлов пластической деформацией при высоких давлениях. Разработан метод гидроэкструзии — непрерывного выдавливания под действием жидкости. Полученная чистая поверхность не требует никакой дополнительной обработки. Происходит улучшение механических свойств металла — растет как предел прочности, так и пластичность. Увеличение пластичности под давлением используется при обработке хрупких материалов. Применяя экструзию в среде с противодавлением, удалось получить сверла из инструментальной стали.

Использование высоких давлений входит в практику металлургии и металлообработки. В 50-х годах XX в. в ряде стран появились прессы усилием 20—35 тыс. тс, а в США—50 тыс. тс. В СССР построены и по сей день не имеющие себе равных в мире прессы усилием 75 тыс. тс.

«Не будет преувеличением, если я скажу, что парк мощных прессов, которыми располагает страна, в известной мере характеризует ее промышленный уровень, ее технический потенциал». Эти слова академика А. И. Целикова как нельзя лучше характеризуют значение мощных гидравлических прессов.

СССР — один из крупнейших в мире изготовителей металлообрабатывающего оборудования и инструмента. Это было убедительно показано на выставке кузнечно-прессового оборудования «Пресс-75» в Москве.

Появляются новые конструкции прессов. Уралмашевские изобретатели предложили вертикальный гидравлический штамповочный пресс усилием 50 тыс. тс с горизонтальным прошивным устройством усилием 20 тыс. тс (пресс в прессе). Эта уникальная машина имеет ряд оригинальных решений.

В Институте физики высоких давлений АН СССР смонтирован суперпресс, способный развивать усилие в 50 тыс. тс. Такого агрегата нет ни



ШТАМПОВКА ВЗРЫВОМ



в одном научном учреждении мира. О его масштабах дает представление масса отдельных узлов — до 100 тс. Пресс используют для проведения научных исследований.

Высокие давления помогли металловедам разработать новый метод, позволяющий улучшить важные свойства металлов и сплавов. Например, повышена прочность алюминиевых, медных и железных сплавов и их пластичность.

Управлять свойствами сплавов ученым помогли многолетние исследования конечных процессов их затвердения. В таком состоянии металл под микроскопом похож на многочисленные островки — кристаллы. Они как бы омываются расплавленным металлом, за счет которого и растут. Однако наступает момент, когда поступление жидкого расплава в промежутки между кристаллами прекращается и образуются пустоты — очаги разрежения. В эти пространства и начинают втягиваться газы, неметаллические включения, образующие сложную систему межкристаллических дефектов. Чтобы избежать образования пустот, значительно снижающих физические свой-

ства металла, ученые принудительно под давлением вводят добавочный жидкий расплав.

За рубежом и в СССР начинают широко применять обработку металлов импульсными нагрузками. Давление, создаваемое взрыванием зарядов взрывчатых веществ, мощными магнитными полями, взрывающимися проволоками и дуговыми разрядами в жесткой передающей среде, позволяет осуществить такие процессы обработки металлов давлением, которые трудно или вообще невозможно осуществить на кузнечно-прессовом и прокатном оборудовании.

Что может взрыв? Очень многое. Хотя бы обработать металл. Взрывным наклепом упрочняют сердечники стрелочных переводов — едва ли не самые уязвимые места железнодорожных путей.

Несколько лет назад в кузнечном цехе Омского моторостроительного завода им. Баранова создали специальный участок для освоения штамповки металламетодом взрыва. Здесь установлена пресс-пушка. Уже при первых экспериментах новый процесс показал большие преимущества перед штамповкой.

СТАЛЬ И ХОЛОД

Мороз и железо рвет и на лету птицу бьет.
Русская пословица

В Якутии -65°C не редкость. Здесь сталь проходит испытание холодом. Зимой по обочинам дорог можно увидеть разбитые, точно глиняные черепки, стальные муфты, полуоси и другие детали машин или бульдозерный нож, расколотый пополам от удара о пенек. Недаром здешние шоферы знают наизусть чуть не все сорта стали и резины, какие выпускает наша промышленность.

Число поломок оборудования зимой в условиях Крайнего Севера обычно втрое, автосцепок иногда в десять раз больше, чем летом. Сталь не выдерживает низких температур; она становится хрупкой.

За счет охрупчивания металла при пониженных температурах произошли крупные аварии, которые вызвали разрушение железнодорожных мостов в Бельгии, ФРГ и Канаде, крупных резервуаров для хранения нефти, разрушение грузовых судов и газопроводов.

Советские ученые и инженеры приняли активное участие в решении проблемы. Действительно, обычное железо и некоторые сорта стали при температурах до -40°C , наиболее характерных для районов Арктики и Сибири, становятся хрупкими и трескаются. Появились рекомендации специалистов о подготовке особых

марок стали. Исследования показали, например, что добавка циркония позволяет ликвидировать хрупкость стали при сильных морозах. Можно создавать такие стали, которые при низких температурах сохраняют прочность.

Сталь, которой не страшны морозы, производят на Череповецком металлургическом заводе по методу, разработанному профессором Ленинградского механического института С. М. Барановым. Она используется для изготовления труб газопроводов, которые прокладываются, в Заполярье. Морозостойкую сталь назвали «Северянкой».

Современная техника широко использует низколегированные стали. Однако при низких температурах ее пластичность резко ухудшается. Она делается хрупкой, плохо выдерживает удары, что ведет к частым поломкам на транспорте, работающем в северных районах.

Решением задачи создать высокопрочную и одновременно высокопластичную сталь, не теряющую своих свойств при низких температурах, занялись сотрудники Донецкого государственного университета и Уральского научно-исследовательского института черных металлов при участии работников Уральского вагоностроительного завода. Им удалось

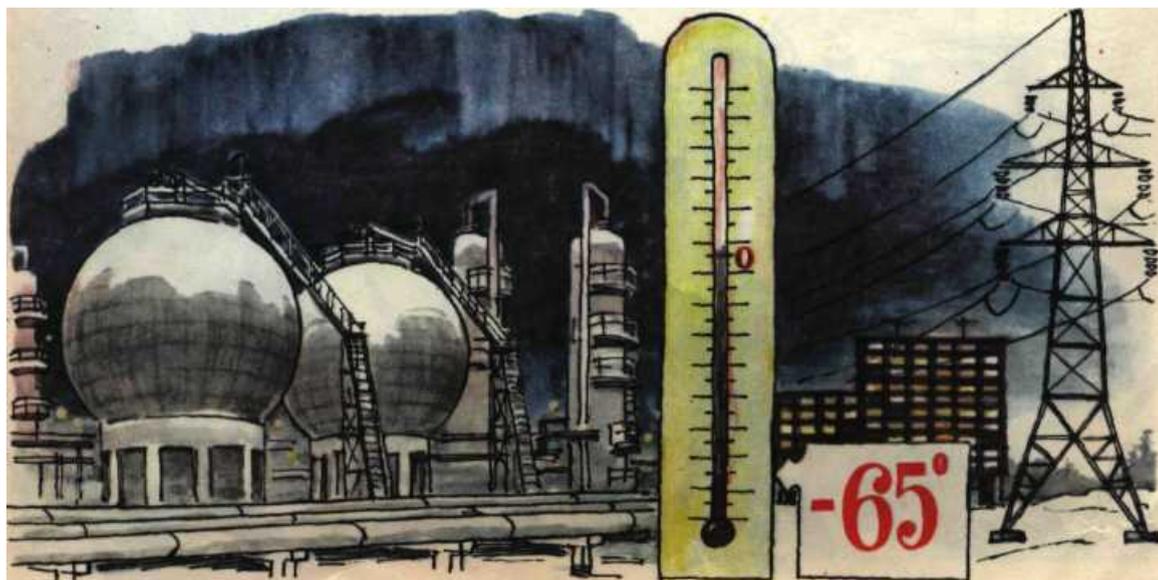
создать высокопрочную и пластичную сталь, пригодную для изготовления ходовой части и автосцепки грузовых вагонов. Этому помогли добавки ванадия.

Для арктических широт нашего Крайнего Севера теперь готовится специальное оборудование в «северном исполнении»: экскаваторы, вездеходы-амфибии, грузовики КамАЗа, стальные резервуары емкостью 20—50 тыс. м³.

Без широкого применения холодильной техники не обходятся современная торговля и медицина, нефтехимия и транспорт. Есть оригинальное предложение использовать жидкий азот для металлических отходов в сталеплавильных цехах. Перед тем как отправить в печь на переплавку крупногабаритный стальной лом, его необходимо размельчать. Ученые ГДР предложили чзалить металлические отходы жидким азотом.

Охлажденный до -100°C металл становится хрупким, как стекло и легко разбивается на куски.

Некоторые процессы в технике проходят при очень низких температурах, и для них нужна специальная аппаратура. Сюда относятся процессы сжижения и разделения воздуха, сжижения и фракционной перегонки нефтяных продуктов, сжиже-



ние природного газа. Для изготовления аппаратуры, емкостей и трубопроводов требуются стали, вязкие при низких температурах. Химическая промышленность нуждается в шаровых резервуарах для хранения сжиженных газов — пропан-бутановой смеси, аммиака и др.

Металлурги готовят и такие стали: в их состав входит много легирующих элементов. Японская фирма «Нихон Кокай» выпускает никелевую сталь, способную сохранять свои свойства при -196°C . Полагают, что она найдет применение в строительстве танкеров и резервуаров для получения и хранения жидких газов.

Однако оказалось, что низкие температуры, столь опасные для прочности обычного металла, можно использовать для улучшения свойств самой стали: повышения твердости и вязкости, жесткости и упругости. Еще в 20-х годах XIX в. П. П. Аносов проводил опыты с закалкой косяков при температурах -5 и -18°C по Реомюру. Опыты дали положительные результаты.

В наше время применение обработки холодом для дополнительного упрочнения некоторых сталей впервые предложил профессор А. П. Гуляев в 1937 г. Через пять лет первые попытки использовать глубокий холод были произведены в США. Советский

академик А. А. Бочвар в 1945 г. обнаружил в зоне фазового превращения металлов «сверхпластичность» сплава цинка с алюминием. Другие исследователи вскоре обнаружили подобные явления у сплавов иных металлов и у некоторых сталей в царстве холода: при -200°C . Изделия получались с идеально чистой поверхностью, которую невозможно достичь никакой механической обработкой. Ибо при любом нагреве, даже самом незначительном, на поверхности металла возникает слой окислов.

Исследования в области низкотемпературного материаловедения ведутся в разных странах и сейчас. Ученые Физико-технического института АН УССР доказали теоретически и экспериментально, что постоянное упрочнение можно получить, подвергая металл механической обработке не при нагреве, а при глубоком охлаждении. Специально сконструированная машина позволила производить деформацию образцов при температуре -270°C . Эксперименты помогли выяснить, что при низкотемпературной деформации металлы приобретают очень мелкую и однородную структуру, способствующую значительному повышению жаропрочности вплоть до температуры красного каления.



ЦАРСТВО ЖАРОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ

Современная техника требует все более прочных материалов. Повышенные экономичности агрегатов в теплотехнике сейчас зависит от металлургов. Советские конструкторы разработали турбины мощностью более 1 млн. кВт. По мнению конструкторов, если будет решена проблема создания соответствующих жаростойких материалов, то станет реальной задача создания газовой турбины с начальной температурой пара 1200—1400°C. Это дало бы возможность повысить к. п. д. турбины на 8—10%.

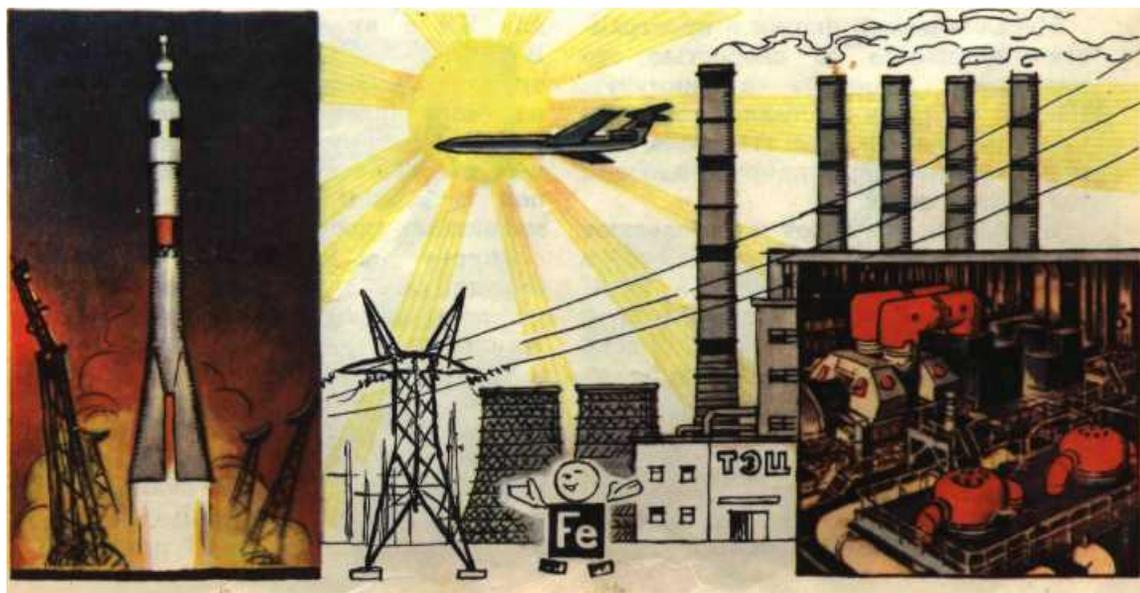
Жаропрочные стали и сплавы в настоящее время изготавливают на железной, никелевой и кобальтовой основах с присадками хрома и ряда легирующих элементов, которые при высоких температурах дают большую прочность. Особенно широкое применение эти сплавы получили в течение последних 20—30 лет в связи с развитием газовых турбин различного назначения. Сплавы применяют для изготовления многих деталей газовых турбин реактивной авиации, в судовых газотурбинных установках, при перекачивании нефти и газопродуктов, в аппаратуре крекинг-установок, в нагревательных металлургических печах и т. п.

До 1941 г. в СССР выплавляли около 20 марок нержавеющей, окалиностойких и жаропрочных сталей и только три марки сплавов на никель-кобальтовой основе. В послевоенные годы была освоена металлургия жаропрочных сплавов на никелевой основе.

Теперь производство жаропрочных сталей широко налажено. Их рабочие температуры в пределах 500—750°C.

Для лопаточного аппарата — наиболее уязвимого места любой паровой турбины предложен новый жаропрочный сплав ЭИ-929ВД, созданный специалистами Центрального котлотурбинного института им. Ползунова. По нормам эксплуатации срок службы лопаточного аппарата из обычных сплавов измеряется в зависимости от ряда условий всего сотнями или несколькими тысячами часов. В десятки раз долговечнее эти сложные и дорогостоящие агрегаты, выполненные из нового сплава. Исследования опытных партий штамповок показали, что теперь начальные температуры в газотурбостроении могут быть повышены с 800 до 950°C.

Температуру 1200° С и выше успешно выдерживает новая жаростойкая



безникелевая сталь, полученная в Киевском политехническом институте. Она недорога, обладает хорошими литейными и механическими свойствами. Изготовленные из новой стали горелки котлов тепловых электростанций служат в 10—15 раз дольше. Новые горелки уже внедрены на ряде тепловых электростанций. Перспективно также применение новой стали на металлургических и машиностроительных заводах.

Для деталей, работающих при очень высоких температурах в течение короткого времени (в ракетах, управляемых снарядах, космической аппаратуре), разработаны жаропрочные материалы на основе тугоплавких металлов, неметаллических соединений и комбинации неметаллических материалов с металлами.

Жаростойкие детали изготавливаются также из смеси неметаллических соединений и металлов, но основой является металл, а соединения при этом распределяются в его объеме более или менее равномерно в виде дисперсных частиц. Впервые такие смеси были изготовлены с добавкой 0,5 — 20% окиси алюминия. Теперь такие смеси изготавливают на основе различных металлов.

Американский инженер Р. Смит заявил, что сплавы будущего могут оказаться состоящими из мельчайших шариков металлов с более низкой температурой плавления, вкрапленных в жаростойкие материалы.

Составные металлы подобного рода обеспечат достаточную ковкость для придания изделию необходимой формы, будут значительно более прочными и менее хрупкими. Эти свойства будут сохраняться и при высоких температурах.

Академик Н. М. Жаворонков отмечает, что работы по жаропрочным сталям должны быть дополнены исследованиями сплавов и материалов на основе хрома, молибдена, вольфрама, ниобия и тантала, рения. Нужно значительно шире использовать в качестве жаропрочных материалов окислы металлов — циркония, церия, тория, гафния; карбиды, нитриды, бориды, силициды и др. Например, углерод содержащий неорганический полимер — сополимер карбидов титана и гафния обладает сверхтугоплавкостью. Он плавится лишь при температуре 4215°C. При такой температуре даже вольфрам превращается в жидкость и растекается как вода.

Г

МАГНИТ ОБРАБАТЫВАЕТ СТАЛЬ

Металлический шарик в пространстве вращается со скоростью сто миллионов оборотов в минуту... Капля горячего металла свободно парит в объеме... Все это стало возможным благодаря приручению сил магнитного поля.

В технике получают и используют сверхсильные магнитные поля — в сотни тысяч и миллионов эрстед. Под их воздействием вещество порой проявляет такие же неожиданные свойства, как под влиянием сверхвысоких давлений и температур. Такие поля даже способны изменять структуру металла.

Получать и применять сверхмощные магнитные поля напряженностью до 300 тыс. Э начал в 20-х го-

дах XX в. академик П. Л. Капица. В 1927 г. его статья, помещенная в трудах английского Королевского научного общества, впервые в мировой литературе сообщала об огромных механических силах, возникших под действием на металл мощных магнитных полей.

Спустя три десятилетия мощным импульсным магнитным полем научились ковать металл, исправлять деформацию деталей. Сейчас мощность полей достигает 25 млн. Э. Академик Б. Е. Патон считает, что магнитноимпульсный метод формовки и обработки металлов очень экономичен и перспективен. В отличие от взрывной штамповки процесс совершенно безопасен и легко поддается

автоматизации. У него большое будущее.

Магнитное поле пригодились и в лаборатории физического металловедения Уральского научного центра. Академик В. Д. Садовский с сотрудниками занимался проблемой упрочнения сталей. В частности, искали способы превращения мягкой аустенитной стали в более твердую — мартенситную. Пробовали воздействовать на* металл высокими температурами и давлением. Не помогло.

Тогда решили подвергнуть аустенитную сталь воздействию импульсного сверхсильного магнитного поля, хотя согласно теории, аустенитная сталь лишена магнитных свойств и, следовательно, не подвержена влиянию магнитного поля.

Каково же было удивление экспериментаторов, когда аустенитная атомная решетка под влиянием поля превратилась в мартенситную. Значит, в такой стали есть малые и довольно слабые магнитные области, которые прежде обнаружить не удавалось, но они тем не менее реагировали на сверхсильные магнитные поля. Таким образом было обнаружено в аустенитных сталях явление суперпарамагнетизма.

Ученые физического факультета МГУ исследовали поведение веществ в сверхсильных магнитных полях.

Ими была создана уникальная установка, позволяющая получать сверхсильные магнитные поля при температурах, близких к абсолютному нулю.

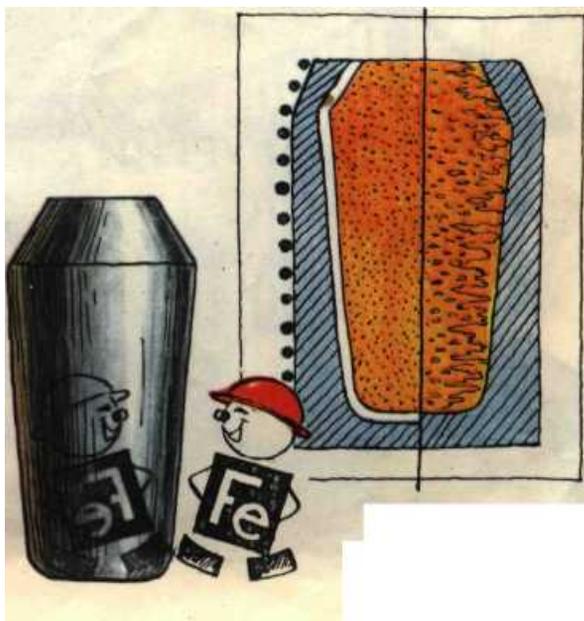
В ходе исследования было обнаружено превращение полупроводников в металл и, наоборот, металла в полупроводники. Причем в первом случае вещество приобретало все характерные для металла свойства: металлическую проводимость, электронную теплоемкость, теплопроводность. Цикл проведенных экспериментов и теоретические исследования под руководством чл.-корр. АН СССР А. Абрикосова привели к открытию неизвестного ранее явления фазовых переходов вещества в магнитном поле.

Появилась новая возможность управлять свойствами вещества при помощи магнитных полей. Открытие будет использовано при создании новых типов лазеров, полупроводниковых приборов, измерительной техники с высоким быстродействием.

Ученых и инженеров давно привлекает проблема левитации — свободного парения. Ее решение открывает, в частности, большие перспективы для развития металлургии без применения тиглей, получения особо чистых металлов, в которых так нуждается новейшая техника.



ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ
В
МЕТАЛЛУРГИИ



Для облегчения операции разливки металла созданы машины для литья металла электромагнитным способом. Технологию разработали и внедрили специалисты Иркутского филиала ВАМИ. Благодаря магнитному полю, которое создается вмонтированным в кристаллизатор электромагнитом, заливаемый металл не касается стенок формы.

Слитки алюминия получают различного качества, их поверхность отполирована как зеркало.

В литейном цехе контопского электромеханического завода «Красный металлист» прошла опытную проверку магнитодинамическая заливочная установка МДН-6А, разработанная в Институте проблем литья АН УССР. Работа установки основана на взаимодействии тока, протекающего в жидком металле, с внешним магнитным полем. Электромагнитные силы, действующие на металл в активной зоне тигля, заставляют его двигаться в сливной металлопровод. Две электромагнитные системы работают совместно. Для прекращения разливки в форму достаточно отключить одну из них.

А можно ли так разливать черные металлы? С давних времен разливочный ковш — неременная принадлежность сталеплавильных цехов. Мощный кран поднимает огром-

ный ковш при разливке металла на высоту многоэтажного дома. Казалось нечем их заменить. Но вот ученые создали электромагнитный желоб, в котором металл, увлекаемый бегущим магнитным полем, течет... вверх.

В настоящее время создаются желоба с бегущим электромагнитным полем для транспортировки жидкого чугуна из доменных печей. Расчеты показывают, что замена ковшей, например на НТМК, дала бы экономию капитальных и эксплуатационных затрат 20—30%.

Возможны электромагнитные способы интенсификации многих важных технологических процессов в черной металлургии. Так, на Енакиевском металлургическом заводе в ходе эксперимента вели очистку жидкого металла от неметаллических включений и шлаков со скоростью 60 т/ч.

Управление процессом кристаллизации при помощи электромагнитных полей способствует измельчению зерна, позволяет устранить структурную неоднородность металла и увеличить его пластичность.

Приведенные примеры свидетельствуют, что электромагнитная гидродинамика способна совершить подлинную техническую революцию в металлургии. Поистине магнит — труженик.

МГД В МЕТАЛЛУРГИИ



ПОЛЕЗНАЯ РЖАВЧИНА

Когда в Чикаго идет дождь, 189-м небоскреб «Сивик сэнтер» покрывается потоками ржавчины. Создание такого «ржавеющего» здания не ошибка архитектора. Наоборот, архитектор Джон Диннел, создатель этого небоскреба, видит в окислении фасадов возможный выход из тупика однообразия, в котором оказалась современная архитектура. Еще в 1959 г., сооружая небоскреб в г. Молине, он говорил:

«Людам тошно смотреть на полированные алюминиевые фасады, они похожи на консервные банки. Мы должны вернуться к более грубому стилю».

Архитектор-«новатор» полагает, что ржавчина, как и голый бетон, шероховатые обои на стенах или второсортная черепица выражают здоровый, смелый дух протеста.

«Ржавая волна» новой архитектуры прокатилась из конца в конец Америки. Она оставляла зримые следы даже на улицах — рыжие потоки разрисовывают асфальт после каждого дождя. Институт американской архитектуры присудил «ржавому» зданию в Молине — золотую медаль.

Конечно, это анекдотический случай полезности ржавчины. Но в тех-

нике можно найти и серьезные примеры использования ее.

...Через несколько месяцев после постройки невзрачный, серо-стального цвета мост через р. Консумнес приобрел приятную и редкую зеленовато-коричневую окраску. Но кисть маляра не касалась его. Мост сам покрасил себя. Дело в том, что для него специально подобрали такую низколегированную сталь, которая в атмосферных условиях покрывается пленкой патины и после этого уже не нуждается в каких-либо защитных покрытиях.

В Венгрии получена новая сталь «Коррель», цена которой почти не отличается от обычной. На поверхности металла под воздействием воздуха образуется очень стойкая защитная пленка, предохраняющая металл от ржавчины в течение 15 лет. Защитный слой создается благодаря добавке в сталь сплава меднохромистого никеля с фосфором.

За время гарантийного срока допускаемая усадка металла составляет 0,5 мм. Из новой стали можно изготавливать мосты, опоры высоковольтных передач, каркасы высотных зданий, проволоку, а также различный прокат.



На чешском сталеплавильном заводе «Клемент Готвальд» начато производство низколегированной конструкционной стали с повышенной устойчивостью к атмосферным воздействиям. Она обладает способностью покрываться тонким слоем ржавчины, который и защищает металл от более глубокого разъедания. «Атмофикс Б» — так назвали устойчивую против коррозии сталь — предназначен для производства вальцованных изделий большой толщины.

Сейчас освоена выплавка таких низколегированных сталей с малым содержанием никеля, хрома и меди (десять и сотые доли процента). Подобная сталь быстро ржавеет, но под слоем отпавшей ржавчины остается плотная черная пленка, которая крепко сцепляется с металлом и защищает его от дальнейшей коррозии. Время, необходимое для образования защитного слоя, колеблется от двух до четырех лет. После этого скорость коррозии уменьшается и составляет от 2 до 35 мкм в год в зависимости от условий. В обычных условиях лист из такой стали проржавел бы лишь на ...0,3 мм. Из такой стали построено уже несколько мостов. Можно строить мачты высоковольтных линий электростанций, дымовые трубы — и совсем не требуется здесь покраски металла.

Исследователи давно стремятся к тому, чтобы сделать металлические сплавы пассивными к разрушению. Сделан еще один шаг на этом пути. В Институте физической химии АН СССР докт. хим. наук Н. Д. Томашев и канд. хим. наук Г. П. Чернова открыли явление самопассивирования металлов и сплавов.

Пассивностью металлов называют состояние их повышенной стойкости к коррозии. При пассивировании на поверхности вещества образуется защитный слой, предохраняющий его от разрушения. Ученые обнаружили, что при введении в состав сплава некоторых металлов (рутения, палладия, платины и др.) пассивируемость и коррозионная стойкость сплава повышается в сотни раз. Эти исследования вносят существенный вклад в теорию коррозионных процессов. В результате открытия появились принципиально новые возможности создания сплавов, стойких к воздействию внешней среды. Они позволяют создать уникальную аппаратуру для химической, атомной, нефтяной промышленности.

ЖЕЛЕЗО В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ



ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

Развитие металлургии железа можно разделить на этапы, каждый из которых является качественно новой ступенью в металлургической технике. Смена этапов в таком развитии обуславливалась техническими революциями, вносившими коренные изменения в технологию производства и сопровождающимися скачкообразным увеличением производства металла. Техническая революция в металлургии, как и в другой отрасли промышленности, выражается в замене старых технических средств новыми, работающими на совершенно иных принципах. Основываясь на этом, весь трехтысячелетний период черной металлургии можно разбить на пять основных этапов.

Первый этап охватывает период от зарождения металлургии где-то на рубеже II и I в. до н. э. и до середины XIV в., тогда основным способом производства железа был сыродутный процесс. Производительность его была не более 0,5–0,6 кг сварочного железа в час. В этот период проходило общественное разделение труда — отделение ремесла от земледелия.

Второй этап (XIV в.) характеризуется появлением в странах Европы двухступенчатого способа получения железа (доменный и кричный процессы), что стало возможным благодаря применению водяного колеса. Двухступенчатый способ позволил значительно расширить объем производства. Часовая производи-

тельность кричного горна составляла 40–50 кг сварочного железа. По сравнению с предыдущим этапом производительность увеличилась почти в сто раз.

Третий этап начался в конце XVIII в., когда стало широко использоваться минеральное топливо в доменном процессе, а затем — в процессах передела чугуна на железо (пудлинговый процесс). Водяное колесо было заменено паровой машиной. Техническая революция в области металлургии, выразившаяся в использовании минерального топлива для получения металла, была также связана и с применением машин для обработки металла. С момента широкого внедрения минерального топлива начинается резкий подъем в мировом производстве чугуна. Часовая производительность пудлинговой печи составляла до 140 кг сварочного железа.

Четвертый этап относится к концу XIX в., когда техническая революция ознаменовалась почти одновременным внедрением в производство трех новых процессов массового получения стали — бессемеровского, мартеновского и томасовского. Промышленное использование этих способов выплавки стали относится к периоду развития техники монополистического капитализма и связано с дальнейшим усовершенствованием машин на базе электропривода. Сталь становится основным конструкцион-

ным материалом техники. Часовая производительность конверторов в начальный период составляла 6 т.

Пятый этап в развитии металлургии железа начинается с середины XX в. и вызван современной научно-технической революцией, приводящей к новому качественному изменению производительных сил общества. Программа КПСС связывает научно-техническую революцию с новейшими направлениями технического прогресса — «овладением ядерной энергией, освоением космоса, с развитием химии, автоматизацией производства и другими крупнейшими достижениями науки и техники».

Научно-техническая революция, начавшаяся в середине XX в. с каждым годом шире и глубже охватывает все отрасли современной техники. Научно-техническая революция оказывает глубокое влияние и на черную металлургию — одну из отраслей промышленности, производящую важнейшие конструкционные материалы. Как поставщик металлических материалов с самыми различными свойствами металлургия является производством, обеспечивающим технический прогресс в материалопотребляющих отраслях. Одновременно и сама металлургия в ходе научно-технической революции претерпевает значительные технические

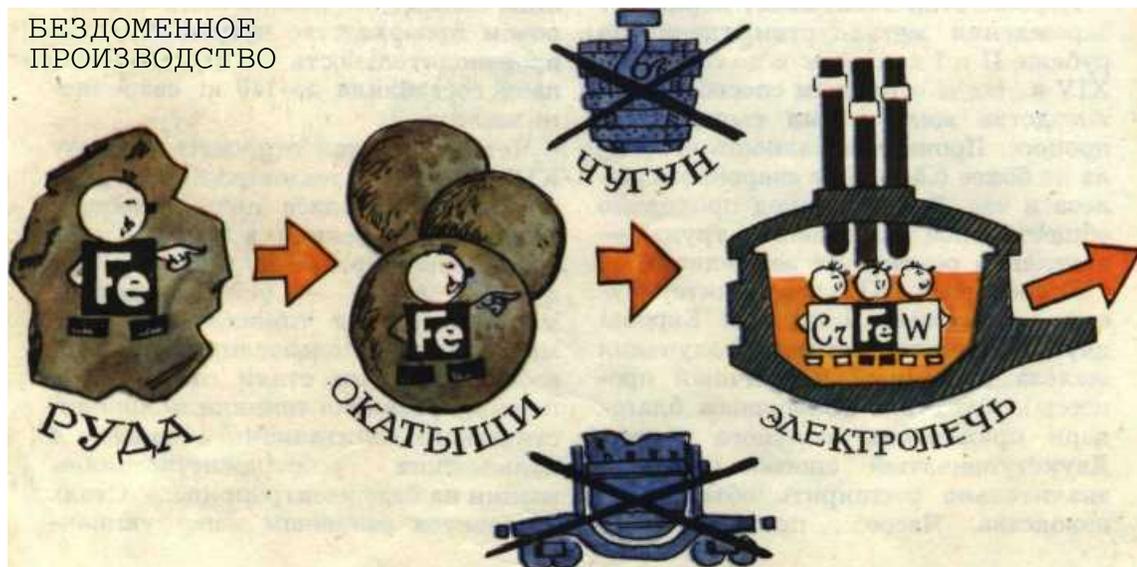
изменения, стремясь к повышению эффективности своего производства.

Для современной металлургии характерно использование кислородного дутья, применение установок непрерывной разливки стали, автоматики и электронно-вычислительных машин. Однако это только начальный период технической революции, связанный с усовершенствованием уже существующих процессов. Последующий ее этап будет заключаться в замене старых технических средств новыми, работающими на совершенно иных принципах.

Что такое железная руда — исходное сырье металлургического производства? Это, по сути дела, обожженное железо, где его окислы смешаны с окислами других металлов и металлоидов, главным образом кремния и алюминия.

В доменных печах железо освобождается от окислов, но одновременно насыщается углеродом, кремнием и марганцем выше нужных пределов и становится чугуном. В сталеплавильном процессе чугун путем окислительного процесса освобождается от лишнего содержания углерода, кремния, марганца и других элементов.

Скорость окислительных реакций и определяет степень интенсификации сталеплавильного процесса.



До конца XIX в. в металлургии железа господствовали сыродутный, кричный и пудлинговый процессы. Состояние техники в то время не могло обеспечить в печах температуру для расплавления железа. Этим и объясняются небольшие скорости химических реакций в металле во время процесса.

Новым этапом в развитии металлургии было появление бессемеровского, мартеновского и томасовского способов. Эти способы выплавки металла внесли огромные изменения в скорости химических реакций. Ускорению реакций особенно способствовала продувка жидкого металла воздухом в бессемеровском конвертере, при этом значительно увеличилась поверхность соприкосновения металла с окислителем — кислородом воздуха.

Химические реакции в современном конвертере протекают почти в тысячу раз быстрее, чем в пудлинговой печи. Это было достигнуто благодаря тому, что удалось на 400°C повысить температуру в конвертере и обеспечить продувку металла воздухом, обогащенным кислородом.

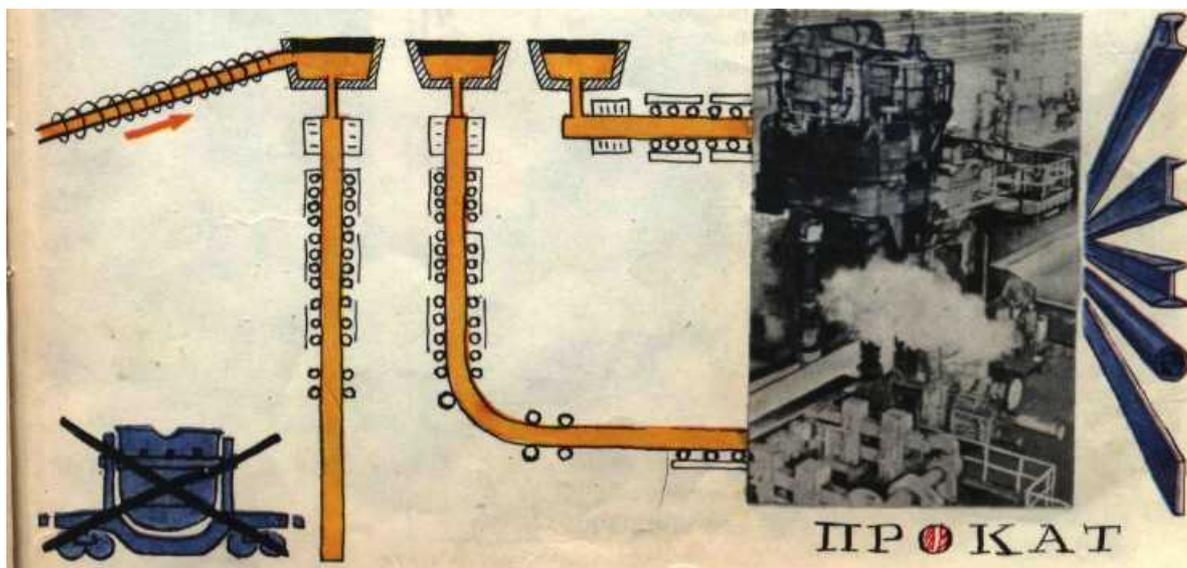
В истории металлургии известно постоянное стремление освобождать основные агрегаты от вспомогательных процессов и операций. Железную руду предварительно обогащают,

т. е. освобождают от примесей, которые в доменной печи потребовали бы и времени и топлива для их переплава; каменный уголь коксуют, упрочняя и освобождая от летучих и смол; дутье подогревают вне доменной печи, что сокращает процесс в основном агрегате и экономит топливо.

Для ускорения химических реакций применили кислородное дутье. Процессы, позволяющие использовать этот ускоритель реакций, более совершенны. Вот почему кислородно-конверторная плавка привлекла внимание металлургов и широко внедряется при вводе новых сталеплавильных мощностей. Конверторное производство вышло на первое место по темпам роста и числу вводимых в строй агрегатов во всех промышленно развитых странах.

29 апреля 1974 г. выдал первую сталь кислородно-конверторный цех № 2 на Западно-Сибирском металлургическом заводе. Конвертор-гигант емкостью до 350 т металла получает 1200 м^3 кислорода в минуту. Длительность плавки на 10 мин меньше, чем в работающих на заводе 100-т конверторах цеха № 1.

15 декабря 1974 г. начал давать сталь 300-т конвертор кислородно-конверторного цеха № 2 Новолипецкого металлургического завода. В со-



ставе первой очереди цеха № 2 конвертеры указанной емкости, но они могут давать плавку до 350 т. Общая мощность очереди — 4 млн. т стали в год.

Для каждого конвертера имеется по две кислородных фурмы (рабо-

чая и резервная). Фурма может подавать до 1500 м³/мин кислорода. Цикл плавки 36 мин, в том числе продувка 15 мин. Такое ускорение плавки возможно благодаря использованию кислородного дутья в больших объемах.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

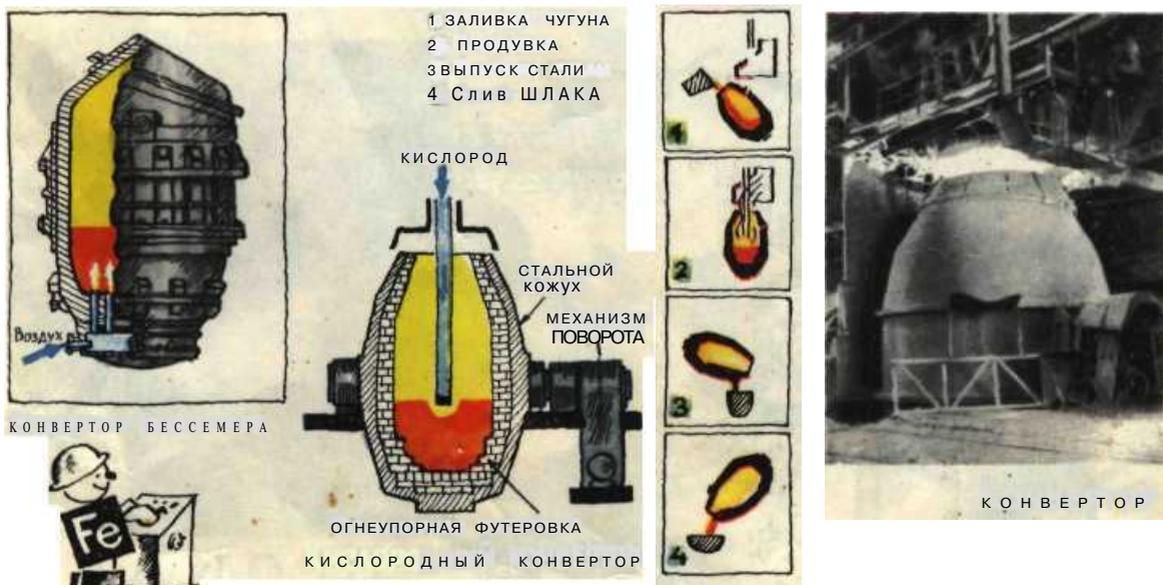
Высокая производительность новых конверторных цехов на Западно-Сибирском и Новолипецком металлургических заводах обеспечивается не только кислородным дутьем, но и рядом новых технических решений, обеспечивающих максимальную комплексную механизацию и автоматизацию процессов, широким применением электроники для управления производством.

В конверторном цехе на Западно-Сибирском металлургическом заводе впервые в стране применили большегрузные разливочные краны со скоростью движения до 8 м/мин. По-иному будут двигаться грузопотоки по цеху — ни одного пересечения друг с другом. Конверторщикам будет помогать автоматизированная система управления технологическими процессами.

Новый цех Новолипецкого завода также имеет высокий уровень ме-

ханизации и автоматизации технологических процессов. Здесь создано шесть вычислительных центров-комплексов: АСУ ТП выплавки и разливки стали, а также АСУП. Три вычислительных центра обеспечат управление плавкой, два — разливочными машинами и один — управление всем цехом.

Процессы в кислородном конверторе протекают в 10—15 раз быстрее, чем в мартеновских печах, что усложняет контроль за ходом процесса. Процесс плавки в конверторе практически контролю не поддается, о качестве металла судят после окончания плавки. Избежать повторения процессов (для добавки необходимых компонентов) почти невозможно. Содержится большой объем расчетов для определения правильного режима продувки: для 300-т конвертора подлежащая обработке информация составляет 28—35 тыс.



бит/ч. Это под силу только ЭВМ. Она работает в режиме «советчика мастера» — без этого кислородно-конверторное производство фактически не могло бы развиваться.

Автоматизация в металлургии пока не изменяет сущности технологических процессов, она позволяет увеличивать выпуск продукции и снижать ее себестоимость.

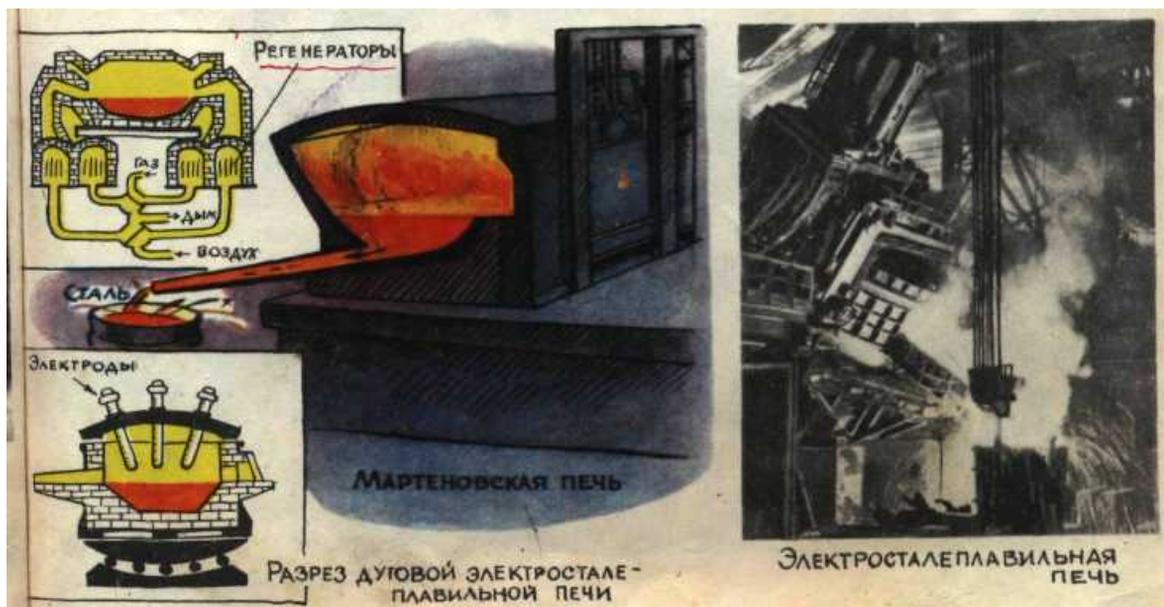
Постоянное увеличение размеров агрегатов и количества контролируемых параметров при дистанционном управлении требует изменения способов и форм переработки информации. Эффективное управление агрегатом при этом невозможно без использования ЭВМ. Однако недостаточная изученность процессов не дает возможности высокоэффективно использовать ЭВМ. Тем не менее, число их в металлургическом производстве растет. На предприятиях зарубежных стран находится в эксплуатации более 400 ЭВМ различных моделей, используемых для управления основными технологическими процессами. Около половины из них установлены в прокатных цехах. В СССР на предприятиях и в организациях Министерства черной металлургии к 1970 г. было установлено 101 ЭВМ.

На металлургических предприятиях страны действует более 3000

локальных систем и около 60 автоматизированных систем управления технологическими процессами и производством с применением ЭВМ. Высокой эффективностью обладают действующие в черной металлургии 19 АСУ раскром проката. Они позволяют получить дополнительно ежегодно 181,2 тыс. т металла, что составит около 1% годовой производительности прокатных станов. Годовая экономия при этом составляет 3,2 млн. руб. при затратах на их создание 3,6 млн. руб. В течение двух последних лет девятой пятилетки намечалось внедрить еще 12 таких систем.

В целом же автоматизация доменных печей и кислородных конверторов за девятую пятилетку принесла дополнительно около 1 млн. т чугуна и 1—1,2 млн. т стали. Для народного хозяйства этот прирост необходим. Но если вспомнить, что это составляет около 1% всего производства отрасли, то практические итоги автоматизации можно назвать довольно скромными.

Развитие автоматизации в металлургии затрудняется смешанным характером этого производства (непрерывные и цикличные процессы). Для значительного повышения эффективности металлургического производства необходимо искать новые решения в вопросах автоматизации, от-



ходя от традиционных и привычных процессов. Наиболее эффективна автоматизация применительно к непрерывным процессам. (Отсюда путь к

реализации проектов комплексного управления при помощи системы ЭВМ всем циклом металлургического производства.

ПРЯМОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА

Основная масса получаемого в доменной печи чугуна служит полупродуктом для производства стали. Давно решается задача получения железа, минуя доменный процесс, методом прямого восстановления железа из руды.

Прямому получению железа посвящены сотни изобретений и исследований.

Пока еще установки по прямому получению железа из руд не ставят задачей замену доменного процесса. На них получают губчатое железо — хороший шихтовый материал для электросталеплавильных и мартеновских печей при производстве высококачественных сталей.

Процессами прямого получения железа называют такие химические, электрохимические или химико-термические процессы, которые дают возможность получать непрерывно из руды металлическое железо в виде губки, крицы или жидкого металла. Эти процессы можно вести, не расходуя металлургического кокса.

Семидесятые годы стали периодом промышленного развития процессов прямого восстановления в кипящем слое, в вертикальных печах с движущимися и неподвижными слоями, и в трубчатых печах. К концу 1972 г. в мире работало 10—12 заводов прямого восстановления общей мощностью 4,5 млн. т/год. К концу 1976 г. ожидалась эксплуатация около 35 заводов мощностью 11 млн. т/год.

На Северском горно-обогатительном комбинате (Днепропетровская область) вступила в строй опытно-промышленная фабрика металлизированных окатышей, предназначенных для электроплавки. Предполагается осуществить прямое восстановление железа, минуя доменный процесс.

С этой же целью ведется строительство Оскольского электрометаллургического комбината в Белгородской области при участии западногерманских фирм «Зальцгиттер А. Г.» и «Корфшталь А. Г.». Это будет первенец бескоксовой металлургии — крупнейший в мире металлургиче-



ский комбинат с законченным циклом, работающим по методу прямого восстановления железа.

Цикл начнется с производства из концентрата окисленных окатышей. В среде природного газа окисленные окатыши полностью освобождаются от кислорода и превращаются в металлизированные с содержанием железа 90—95%. Такие окатыши являются хорошим сырьем для плавки стали, например в электропечах, куда оно может подаваться непрерывно, что исключено при использовании металлолома. Но главное преимущество окатышей перед металлоломом — это гарантированная чистота от вредных примесей. Из такой стали можно получать прокат высоких механических свойств.

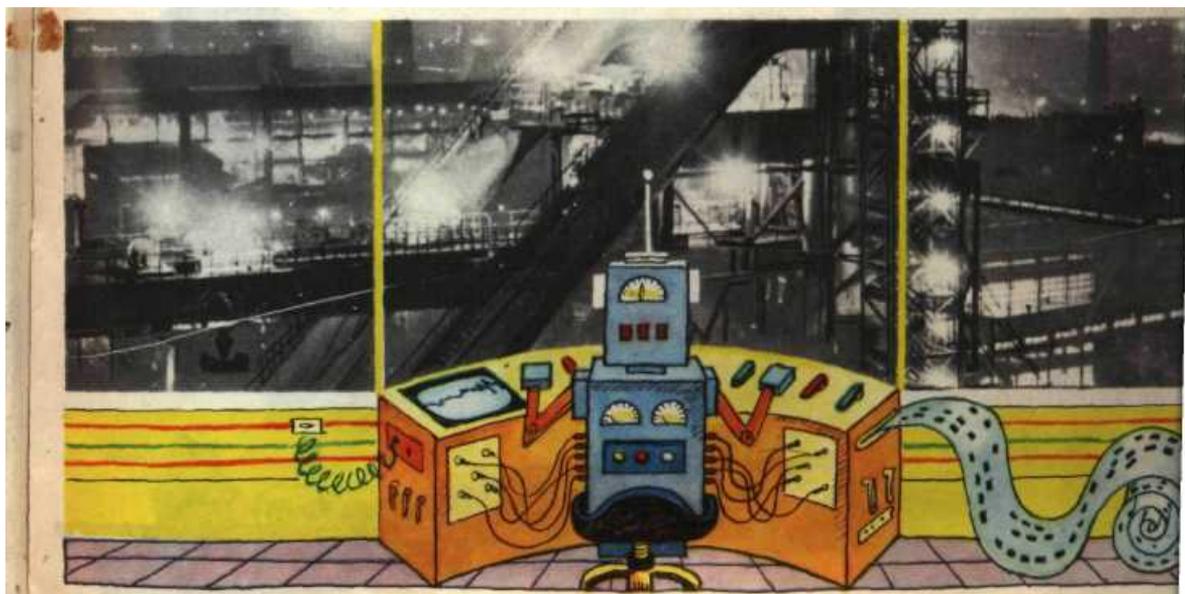
Одна из областей использования продукта прямого восстановления железа — порошковая металлургия, ее называют малой металлургией. Но экономическая эффективность ее очевидна. Порошковая металлургия дает возможность значительно сокращать или полностью устранять механическую обработку, экономить металл, заменять цветные сплавы более дешевыми порошками. Повышается надежность и долговечность машин, работающих в условиях высоких скоростей и в агрессивных средах. Благодаря простой технологи-

ческой схеме можно почти полностью автоматизировать процесс производства деталей. Как показала специализированная выставка «Порошковая металлургия-73», в работе которой приняло участие более 30 зарубежных фирм, развитие порошковой металлургии становится необходимым условием ускорения технологического прогресса во всех отраслях промышленности.

В современных приборах и системах автоматического регулирования широко используются магнитномягкие материалы в виде пакетов из электротехнических сталей и сплавов железа и никеля. Изготовление таких изделий трудоемко и связано с большими потерями (60—80%) материала, требует большого станочного парка и производственных площадей, привлечения рабочих высокой квалификации для сборки и механической обработки пакетов.

В Институте проблем материаловедения АН УССР разработана технология изготовления спеченных магнитномягких изделий из чистого железного порошка, легированного фосфором и кремнием, для работы в условиях постоянного и переменного полей.

Использование методов порошковой металлургии позволяет резко снизить потери материалов (до 50%).



избежать ряда трудоемких и ручных операций. Сам метод создания магнитномягких деталей из разработанных сплавов заключается в двойном прессовании и спекании прессовок при температуре выше 1100°C в защитной среде.

Новые материалы могут быть рекомендованы для изготовления магнитопроводов, полюсов электромашин, деталей электромагнитных измерительных приборов.

Способы прямого получения железа и методы порошковой металлургии — перспективное направление технического прогресса. Предстоит еще немало работать над решением проблемы создания бездоменной металлургии. Разработка и освоение процессов прямого получения железа могут способствовать созданию многотоннажных и эффективных агрегатов для непрерывных процессов получения стали.

НЕПРЕРЫВНЫЙ ПРОЦЕСС

Металлурги давно ищут пути перехода к непрерывному процессу, который значительно легче поддается автоматизации. Если доменное и прокатное производство в какой-то степени непрерывны, то в сталеплавильном производстве ярко выражена цикличность. Поэтому велик разрыв между сталеплавильным и прокатным производством.

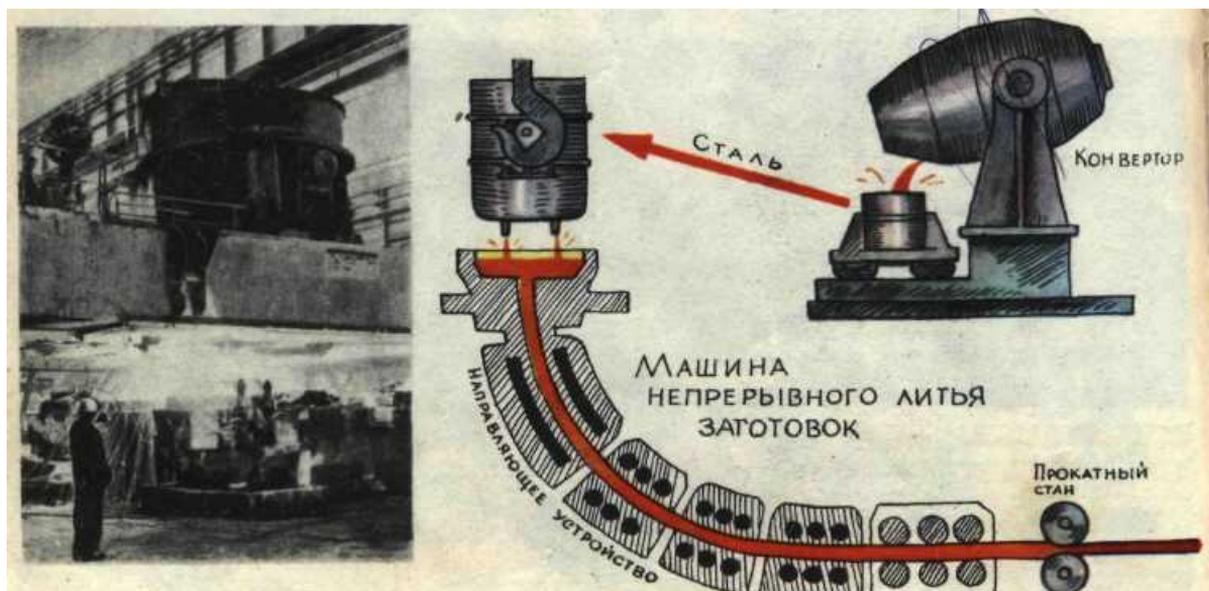
Слитки, полученные после длительного процесса плавки и трудоемкой разливки, затвердевают в изложницах, подвергаются выдержке и требуют дополнительного нагрева для проката.

Одним из промежуточных звеньев между переделами черных металлов является непрерывное литье заготовок.

Пока на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) получают лишь заготовки для проката, но уже это приносит значительную экономию металла и позволяет отказаться от дорогостоящего обжимного стана блюминга, не говоря уж об устранении тяжелого труда канавщиков и разлильщиков.

Непрерывная разливка металла разработана советскими учеными и впервые внедрена на отечественных заводах.

В СССР на предприятиях черной металлургии в 1972 г. разлито 5,9 млн. т стали, в 1975 г. 9 млн. т стали. Освоена разливка сталей более 120 марок, в том числе кипящей для автолиста и жести, элстротехниче-



ских, легированных и высоколегированных. Ковши емкостью до 200 т, квадратные слитки сечением до 350 X 350 мм и слябы до 250X1800 мм.

Гордостью советской металлургии является МНЛЗ Новолипецкого металлургического завода. Там в 1959 г. впервые в мировой практике начал работу крупный электросталеплавильный цех с разливкой стали только на МНЛЗ. В 1966 г. вступил в действие конверторный цех также с полной разливкой на МНЛЗ. Таким образом, этот завод стал первым в мире заводом, не имеющим в своем составе обжимных станов и разливки металла в изложницы. За создание и освоение в Липецке крупного промышленного комплекса разливки конверторной стали в слябы широкого сортамента группе металлургов присуждена Государственная премия 1969 г.

Новый конверторный цех в Липецке в составе первой очереди имеет пять машин непрерывного литья заготовок, во второй очереди к этим машинам добавятся вместе с третьим конвертором еще три МНЛЗ, что обеспечит полную мощность цеха в 8 млн. т годных слябов в год, и все они пойдут через машины, минуя изложницы.

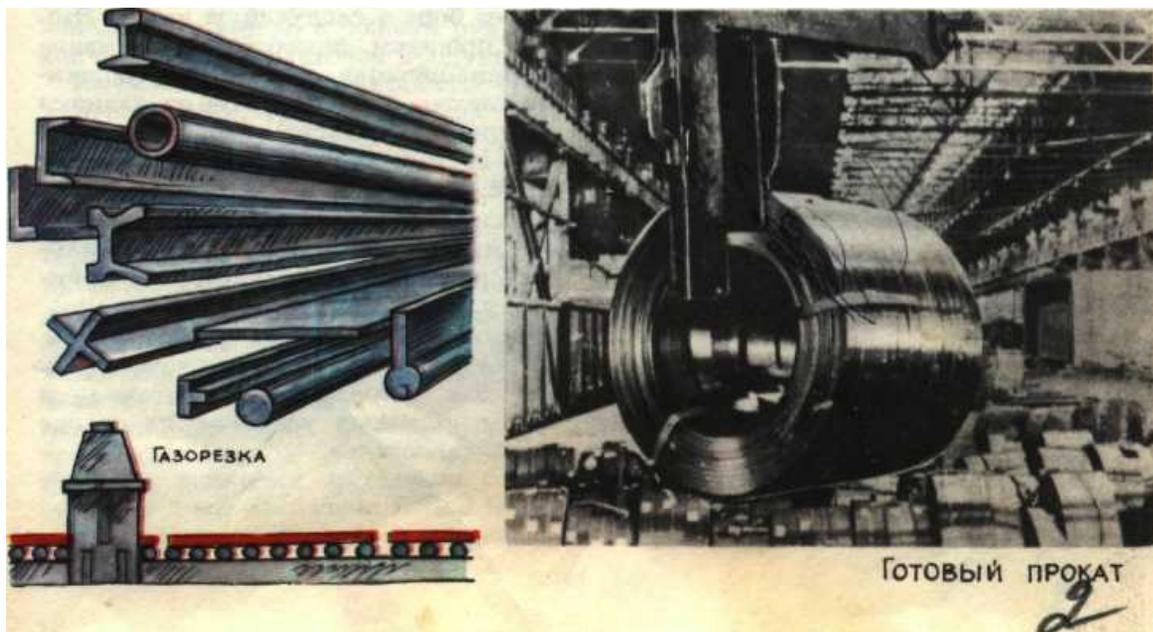
Отделение непрерывного литья в Липецке имеет машины радиального

и криволинейного типов, что намного удешевляет производство. Предусмотрена возможность отливки слябов больших сечений 250—350 X ХП50—2200 мм. Длина МНЛЗ позволяет получать слябы толщиной 250 мм с линейной скоростью вытягивания до 1,7 м/мин и при толщине 300 мм — до 1,2 м/мин. Механизмы машины обеспечивают скорость разливки 0,1—1,6 м/мин. Намечается разливать сталь методом «плавка на плавку».

Однако хотя производительность кислородных конверторов и велика, специалисты считают возможным удвоить ее, перейдя на непрерывный процесс продувки и устранить потери времени на такие операции, как загрузка шихты, доводка плавки и ее выпуск. А как это осуществить?

Нельзя ли вообще отказаться от конверторов, перейти к непрерывным сталеплавильным агрегатам на новой технологической основе?

Непрерывное сталеварение обладает тем важным преимуществом по сравнению с кислородно-конверторной*плавкой в сочетании с производством доменного чугуна, что непрерывный процесс может быть применен с высокой экономичностью и при относительно небольших масштабах производства металла.



Металлургам все яснее становятся технические — предпосылки целесообразности и осуществимости непрерывного процесса производства стали,

Данный процесс рассматривается как наиболее перспективный способ выплавки стали. Опытные работы ведутся уже много лет в СССР, США, Англии, Франции, Японии и других странах.

Сталеплавильный процесс при этом разделяется на последовательные стадии, каждая из которых является звеном технологической линии. При этом можно создать наилучшие условия для всех физико-химических превращений, применить узкую специализацию оборудования и использовать его в постоянном наиболее выгодном режиме. Процесс легко поддается автоматизации — поддерживать заданные неизменные режимы работы каждого звена. Возможности интенсификации процесса, роста мощности агрегатов неограничены, поскольку ни то, ни другое не вызывает ухудшения качества продукции.

Наиболее интересные зарубежные варианты представлены в проектах Британской ассоциации исследований в области производства чугуна и стали (БИСРА) и Французского научно-исследовательского института черной металлургии (ИРСИД).

Технологический принцип процесса БИСРА состоит в распылении падающей струи чугуна жесткими кислородными струями с быстрым окислением его примесей. Опытная установка этого варианта работает в Англии. Она располагается непосредственно у желоба доменной печи и включается в работу во время выпуска чугуна. Построено три промышленных агрегата, имеющих производительность до 80 т/ч.

Во Франции на опытном заводе ИРСИД действует крупная лабораторная установка производительностью 10—12 т/ч, а на заводе в Лотарингии — производительностью 30 т/ч. Процесс ИРСИД осуществляется в агрегате, куда непрерывной

струей поступает чугун. Металл продувается кислородом, затем шлак и металл разделяются, происходит доводка стали до заданного состава и раскисление. Результаты опытов и расчеты показали, что в непрерывном агрегате можно получать стали до 80—100 т/ч. Установку можно разместить в действующем мартеновском цехе.

Большие надежды возлагались на сталеплавильный агрегат непрерывного действия (САНД), разработанный группой ученых Московского института стали и сплавов. Учитывая большую мощность мартеновских цехов, профессор М. А. Глишков полагал, что целесообразно применять непрерывные подовые процессы, основанные на использовании существующего оборудования этих цехов и на переплаве шихты, содержащей 40—45% скрапа.

Вместо одной мартеновской печи здесь стоят четыре маленьких печи, соединенных друг с другом (четыре ванны в одном корпусе). В первую загружаются чугун и скрап, во второй выжигают лишний углерод, а в третьей доводят сталь до нужного химического состава по остальным примесям, в четвертой происходит раскисление и легирование. Поступая в очередную ванну, новые порции металла, более холодные, опускаются на дно и вытесняют готовый металл через борт в следующую ванну. Этому процессу способствует активное перемешивание газами. Продолжительность всего цикла — от заливки чугуна до выпуска готовой стали — 40—50 мин (длительность мартеновской плавки 4—6 ч). Такой агрегат выдает продукции больше, чем четыре мартеновских печи той же емкости, но работающие по старому принципу.

Опытный образец конструкции, спроектированной институтом «Сталь-проект», проходит испытание в промышленных условиях на заводе «Запорожсталь».

По подсчетам успешное освоение идеи САНД позволило бы в три раза повысить производительность метал-

лургических агрегатов, резко снизить себестоимость продукции.

Пока доля стали, выплавляемой непрерывным способом в мировой металлургии, невелика. Десятилетие 1970—1980 гг. будет периодом включения непрерывных процессов в промышленное производство. Авторы свода международных прогнозов «Мир в 2000 году» предсказывают, что в 1980 г. будет внедрено непрерывное производство стали по схеме: железная руда — полуфабрикаты; в 1985 г. — внедрены бездоменные процессы производства стали в промышленных масштабах.

Высокая капиталоемкость и трудоемкость черной металлургии повышает экономическое значение увеличения мощностей агрегатов. Однако агрегатам большой мощности необходимы обширные производственные площади, а каждая тонна годовой продукции требует перевозки внутри завода более 15 т материалов. Внедрение конвейерного транспорта, переход на непрерывный выпуск чугуна из доменной печи, использование индукционных устройств для непрерывной транспортировки жидкого металла — будут способствовать росту производительности труда, позволят повысить степень автоматизации и сократить заводские площади на 10—15%.

Очередной задачей является создание металлургического завода с непрерывными процессами всего производства, начиная с добычи руды и кончая выпуском готовой продукции.

Имеются различные проекты соединения всех трех переделов металлургического цикла в единый поток.

Сейчас выплавка жидкого металла производится в одних агрегатах, обработка — в других, а затвердевание и прокатка — в третьих. На заводе-автомате отдельные процессы должны быть связаны между собой межцеховым транспортом жидкого металла — управляемой выдачей непрерывной струи в кристаллизаторы или мелких порций металла в формы литейного автомата.

В СССР ведется работа над электромагнитным устройством для перекачивания жидких металлов. За последние годы пройден путь от моделей до опытных установок для проверки реальности предположения. В 1961 г. на автозаводе им. Лихачева был успешно испытан опытный электромагнитный желоб для транспортировки жидкого чугуна по горизонтали или вверх против небольшого уклона. В конце 1962 г. в ЦНИИЧМ успешно проведены первые испытания индукционного насоса для подъема жидкого чугуна под напором. Создание надежного индукционного насоса для металла позволит заменить доменную летку таким насосом. Тогда доменную печь можно будет включать в непрерывный поток.

Возможны и другие схемы непрерывного процесса, в которых или объединяются существующие металлургические процессы на новой технологической основе, или исключается доменное производство. Так, академик Б. Е. Патон представляет себе металлургический завод будущего в виде автоматизированного агрегата непрерывного действия с установками непрерывной разливки, прокатными станами, высокопроизводительными сварочными машинами. Металлургический завод будущего, по его мнению, — это и завод металлоконструкций. Сварочные процессы позволят металлургам создать новые виды проката — многослойные листы, профили, обладающие самыми различными свойствами.

Сейчас еще трудно судить о преимуществах какой-либо схемы непрерывного металлургического процесса. Дальнейшая разработка и эксплуатация разных способов выявят достоинства и недостатки каждого из них, будут способствовать созданию совершенного металлургического завода будущего, основанного на принципе непрерывного действия. Идут поиски путей к осуществлению интегрированного цикла непрерывного металлургического производства начиная с подготовки руды, кончая получением готового проката.

ЭНЕРГИЯ В ПРОЦЕССАХ

Несколько лет назад начались опыты по сварке ниобия, молибдена, вольфрама, циркония. Это было острой необходимостью для самолетостроения, ракетостроения и ядерной энергетики. В раскаленном состоянии все эти металлы жадно всасывают газы и всякие посторонние вещества. Металл шва становится хрупким, сам шов — ненадежным. Нужна была стерильность, вакуум, нужен был какой-то другой источник нагрева. Где его взять?

Решение пришло не сразу. Были высказаны и отвергнуты несколько предложений. Потом вспомнили о том, что рентгеновские трубки время от времени таинственным образом выходят из строя. Чаше всего у трубки сгорает анод, сгорает и даже испаряется, хотя состоит он из жаропрочного металла. Ученые знали, что сжигает жаропрочный металл: поток⁴ электронов, мчащийся между анодом и катодом. Механизм этого явления был известен давно: поток ускоренных электронов несет большую энергию. При остановке электрона его кинетическая энергия превращается в тепловую. И вот когда анод трубки не охлаждался, электроны расплавили и даже испаряли его.

Это явление было положено в основу электроннолучевой сварки. Нужно было создать установку, которая бы формировала очень тонкий ускоренный поток электронов. Такую установку создали и назвали ее электроннолучевой пушкой.

Первые опыты по сварке были удачными. Шов получался прочным, точность соединения тугоплавких металлов высокая.

Электронная пушка была использована и в металлургии. ...В камере с очень высоким вакуумом висит стержень жаропрочного сплава. Невидимый электронный луч оплавляет кончик стержня. Капельки металла падают вниз, вакуум мгновенно выхватывает вредные примеси: кислород, углерод, азот; неметаллические включения интенсивно испаряются.

Очищенный металл падает в охлаждаемый медный кристаллизатор, который не загрязняет металл примесями. В нем формируется слиток особо чистого металла или сплава.

Такова электроннолучевая плавка — один из видов специальной электротехнологии в металлургии. Появление новейших технологических процессов в металлургии связано с использованием электроэнергии. Здесь имеются в виду электрошлаковый, плазменно-дуговой и электроннолучевой переplавы. Их появление⁵ вполне закономерно в связи с ростом требований к качеству металла. Однако для этих процессов необходимо получить исходный продукт каким-либо другим способом, поэтому они непригодны для массового производства металла. Более перспективным направлением может оказаться плазменная плавка, позволяющая выплавлять различные стали, тугоплавкие сплавы и осуществлять руднотермические процессы, связанные с прямым получением металла из руд.

Исследования в области изучения плазмы привели к созданию плазменных установок, использующих так называемую низкотемпературную плазму с температурой 10000—20000°C. Струю плазмы можно сравнительно легко и точно регулировать в широких пределах. Например, можно изменять температуру от тысяч до десятков тысяч градусов, а мощность — от киловатт до мегаватт.

Использование низкотемпературной плазмы является одним из самых перспективных направлений электронной технологии.

Металлурги заинтересовались двумя направлениями в использовании плазмы: выплавкой специальных сплавов, сталей и тугоплавких материалов в плазменных печах и развитием руднотермических процессов, связанных с прямым получением металлов из руд.

Плазменная металлургия позволит увеличить скорость химических реакций. Сталеплавильных процессов.

Американские специалисты сообщают о разработке способа плазменной плавки, которая в пять раз быстрее обычных методов. При этом получается сталь высокого качества, свободная от включений и примесей, с низким содержанием газов.

Возможно использование очень горячей плазмы, над получением которой работают ученые всего мира. Пока плазму с температурой порядка миллиона градусов удается удерживать в устойчивом состоянии в течение десятых долей секунды. Удерживать

горячую плазму в течение длительного промежутка времени — значит создать управляемую термоядерную реакцию. Этим событием будет открыта новая эра энергетики.

Металлургия получит источники тепла с любой необходимой температурой.

Применение плазмы для обработки рудного сырья, извлечения металлов из руд, плавки металлов и сплавов таит в себе глубокие возможности для осуществления научно-технической революции в металлургии.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛА С

В наше время можно говорить об известном прогрессе в повышении качества металлов. Если в XIX в. предел прочности стали не превышал 40 кгс/мм², то сейчас существуют стали с пределом прочности 200—300 кгс/мм². Но развивающаяся техника требует дальнейшего повышения качества металла. Предполагается, что уже в ближайшее десятилетие будет возможно повысить прочность стали до 400—600 кгс/мм². Однако требования к качеству металлопродукции со стороны потребителя под влиянием научно-технического прогресса еще велики. Причем требования предъявляются смело с надеждой на решение.

Однако можно привести примеры тормозящего влияния нерешенных проблем качества металла на научно-технический прогресс в других отраслях.

Так, применение высоких скоростей резания, обеспечиваемых современным металлообрабатывающим оборудованием, ограничивается отсутствием достаточно прочных и дешевых инструментальных материалов, а также недостаточно хорошим качеством заготовок. Многошпиндельные автоматы достигают скорости 2500 об/мин, а фактически при обработке стальных деталей используются со скоростью 300—700 об/мин. Затраты на увеличение скорости оказываются неэффектив-

ными из-за недостаточного качества материалов резцов.

Борьба за повышение качества металлов постоянно занимает металлургов, особенно в десятой пятилетке, объявленной пятилеткой эффективности и качества.

Высшим достижением в борьбе за повышение качества металлопродукции является ее аттестация Знаком качества. Показатели и свойства продукции, аттестованной Знаком качества, отвечают самым высоким требованиям потребителей и соответствуют высшим достижениям мировой техники. Основа обеспечения качества аттестованной продукции — это стабильность технологических процессов, исключающих какие-либо отклонения при производстве и гарантирующих соответствие технико-экономических показателей, установленных требованиями. Главной целью организации производства аттестованной продукции являются экономия материалов в системе поставщик — потребитель, обеспечение надежности механизмов и конструкций, снижение технологических и эксплуатационных расходов.

В 1968 г. впервые из продукции черной металлургии Знак качества получил доменный кокс мокрого и сухого тушения Череповецкого металлургического завода. В последующие годы Знак качества был присвоен полированному листу нержавеющей

юшей стали завода «Запорожсталь», арматурной стали Макеевского металлургического завода, нержавеющей листовой стали Ашинского металлургического завода, сплавам завода «Электросталь», водогазопроводным трубам Челябинского трубного завода, сортовой стали завода «Днепроспецсталь», чугуну Новолипецкого металлургического завода и другим видам продукции черной металлургии. Государственный Знак качества присвоен 124 видам продукции предприятий черной металлургии.

Традиционные характеристики — пределы прочности и текучести, ударная вязкость и пластичность — теперь не могут полностью определить качество металла. Некоторые отрасли предъявляют свои, специфические требования к металлу. Металлурги добиваются достижения и этих свойств. Так, в электросталеплавильном цехе Череповецкого металлургического завода получена сверхчистая сталь для электротехнической промышленности. При помощи установ-

ки внепечного вакуумирования стали удалось снизить содержание углерода в металле до пятитысячной доли процента (обычно было 0,2%). Это в два-три раза повысило его магнитные свойства.

...Медленно наклонился массивный корпус печи, и в ковш хлынул поток стали, сваренной за 3 ч 30 мин — почти на час быстрее, чем обычно. Такая продолжительность плавки установлена для металла, предназначенного к вакуумированию. Мостовой кран переносит ковш к установке вакуумирования и опускает его в камеру. Накатывается крышка. Мощные насосы откачивают из-под нее воздух. Давление в камере падает. Сквозь синие стекла смотрового окна видно, как на поверхности расплава забил первый огненный ключ, затем второй, третий... Сталь бурлит, очищаясь от вредных примесей. Более десяти минут длится процесс вакуумирования.

Кран снова поднимает ковш теперь уже со сверхчистой сталью и подает его на разливку.

МЕТАЛЛУРГ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Старым мастерам-металлургам в работе помогала интуиция. С развитием металлургии технология ведения плавки усложнилась. Для работы у печи уже недостаточно одного практического чутья. Нужны специальные знания.

Сейчас и со средним образованием без специальной профессиональной подготовки, пройденной в техническом училище, трудно осваиваться в цехе. Даже тот, кто уже прошел подготовку в училище, техникуме и вузе, обязан постоянно повышать квалификацию в производственных условиях, чтобы не отстать от научно-технического прогресса, чтобы сохранить свежесть технического восприятия для освоения новой техники.

От понимания путей научно-технической революции отрасли зависят темпы научно-технического про-

гресса в черной металлургии, а также темпы внедрения всех новшеств.

Повышение квалификации рабочих различных металлургических профессий придает их труду в условиях возрастающей автоматизации производства черты инженерного труда. Квалификационная характеристика сталевара менялась так. В конце 40-х годов XX в. сталевар должен был вести плавку по графику, используя при этом показания контрольно-измерительных приборов печи, соблюдая технологический процесс.

Сейчас, помимо этого, он должен знать суть технологического процесса сталеварения, а также конструкцию печи и ее отдельных частей. Все это означает, что сталевар должен постоянно учиться и повышать свою квалификацию, расширять свой

производственно-технический профиль.

Теперь сталевар затрачивает более половины своего времени на контроль, регулирование и другие операции преимущественно умственного труда. И число этих операций быстро растет. Уже сейчас у некоторых профессий их объем доходит до 80% рабочего времени. Необходимо, чтобы рабочие имели глубокие знания в области математики, физики, химии в объеме не ниже средней школы, умели самостоятельно разбираться в сложных технических вопросах.

В процессе научно-технической революции постепенно меняется характер труда рабочих профессий. Внедрение современных машин и механизмов ведет к исчезновению профессий тяжелого физического труда, таких как каталы и чугушники в доменных цехах, завалыцики шихты вручную и рабочие по подъему крышек завалочных окон в мартеновских печах, смазчики и ломовщики в прокатных цехах. Степень квалификации рабочего современного металлургического цеха теперь определяется не только навыками, мастерством, виртуозностью, а главным образом знаниями.

В социалистическом обществе рабочий превращается во всесторонне развитого свободного труженика, который создает, налаживает и контролирует комплексно-автоматизированное производство, все больше

освобождаясь от тяжелого физического труда.

В комплексно-автоматизированном производстве разделение труда будет определяться теми участками автоматизированного производства, которые будут налаживаться, программироваться и контролироваться работниками определенной специальности. Они должны понять, что получаемые знания нужны рабочим для всестороннего овладения специальностью в современном производстве, но эти знания требуется пополнять, чтобы быть в состоянии управлять новой техникой. Темпы технологических и технических изменений в современном производстве требуют непрерывного образования. Необходима психологическая подготовленность учащихся к постоянному и активному самостоятельному расширению своих знаний, своего технического и культурного кругозора, общественной активности.

Так, в процессе научно-технической революции происходит усиление творческого характера труда. При современном уровне развития производительных сил человек во многих случаях непосредственно участвует в рабочем процессе (например, работа на конвейере). Однако в некоторых отраслях техники (химии, электроэнергетике) человек отделен от рабочего процесса (автоматизации технологии) и это делает труд более интеллектуальным.

БУДУЩЕЕ ЖЕЛЕЗА



ЖЕЛЕЗО И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС f

Около трех тысяч лет человек добывает и обрабатывает железо. За это время в мире выплавлено не меньше 20 млрд. т этого металла, причем значительная часть его получена в последние два столетия. Всего лишь сто лет назад мировая выплавка стали не превышала полмиллиона тонн в год. Теперь же выплавляется более полмиллиарда тонн стали ежегодно (в 1974 г. — 710 млн. т). Мировой металлофонд, т. е. все железо, заключенное в сооружениях, машинах и механизмах, составляет по приблизительным подсчетам более шести миллиардов тонн.

В последние годы в СССР, США и других промышленно развитых стра-

нах коренным образом изменилось соотношение между ростом выплавки стали и промышленного производства в целом. Как известно, в период между первой и второй мировыми войнами эти темпы примерно совпадали, а после второй мировой войны рост производства стали начал отставать от роста промышленного производства.

Объяснить это явление вытесняющим действием цветных металлов, пластмасс и других материалов нельзя. Производство чугуна во всем мире в 1880 г. составляло 95,65% от производства всех металлов, а в середине XX в. — 92,9%. Всего 2,7% — вот доля, отвоеванная цвет-

ДЕНЬ ЗАВТРАШНИЙ



ными металлами у железа за 75 лет. Из цветных металлов в наибольших масштабах растет выплавка алюминия, но пока его доля по массе составляет только 1,5, а по объему — 4,5% в сравнении со сталью. В мире сейчас производится более 11 млн. т алюминия, более 7 млн. т меди, 5 млн. т цинка, 4 млн. т свинца. И сотни миллионов тонн железа!

Можно ли рассматривать полимерные материалы как заменители стали? Разумеется, нет. Пластики, бесспорно, перспективные материалы, но лишь 6—7% потребляемых пластиков применяются вместо стали.

Основной причиной отставания темпов роста выплавки стали от темпов роста промышленного производства является сокращение удельного расхода металла на единицу изделий и мощностей, что вызвано техническим прогрессом. Переход к легированным и нержавеющей сталям удлинил срок службы металла, сократил его расход на машины и двигатели. Еще один важнейший аспект проблемы — сокращение потерь металла от коррозии. Важную роль при этом будут играть полимеры как защитные покрытия.

Производство черных металлов продолжает расти с каждым годом. Статистика показывает, что за 90 лет (1870—1960 гг.) мировое производство стали увеличилось в 694 раза. Удвоенные производства стали (по сравнению с уровнем 1876 г.) происходили последовательно в 1879, 1886, 1894, 1901, 1911, 1938 и 1955 гг., т. е. через промежутки в 3, 7, 8, 7, 10, 27, 17 лет. В 1969 г. произошло очередное удвоение производства стали (по сравнению с 1955 г.). Таким образом, для последнего удвоения понадобилось 14 лет.

Возникает вопрос: надолго ли хватит запасов железорудного сырья при огромных и растущих масштабах производства стали?

Предполагается, что в среднем земной шар состоит на 34,6% из железа (по массе). Но человеку доступна лишь незначительная часть этих колоссальных запасов. Извлечь желе-



зо удастся лишь из поверхностных скоплений богатых руд. Согласно оценке экспертов ООН, промышленные запасы железных руд в мире составляют примерно 250 млрд т. Даже если ежегодный расход мировой металлургией превысит миллиард тонн, можно смело считать, что обнаруженных железных руд определенно хватит на два ближайших столетия.

Однако несмотря на успехи геологических наук в поисках новых месторождений, особенно в слаборазвитых районах мира, все-таки обнаруживается неравномерное распределение запасов железных руд по различным районам земного шара. Учитывая возможное истощение запасов богатых и легкодоступных месторождений железных руд, ученые в наши дни уже думают о процессах получения железа в будущем. О некоторых предполагаемых способах и рассказывается далее.

ПОДЗЕМНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Используя поверхностные скопления минерального сырья, человек вынужден будет обратить внимание на сырье, более бедное по содержанию железа. Уже теперь приходится переходить на добычу более бедных руд, иметь дело с месторождениями в тяжелых горногеологических условиях. В дальнейшем эти трудности будут возрастать.

А как же извлекать руду из более глубоких месторождений? В наше время используются традиционные способы добычи руды — подземные или открытые. А при такой механической добыче рудного сырья, по данным академика Н. В. Мельникова, теряется до 25% сырья.

В этих условиях особую практическую ценность имеют предлагаемые химиками способы прямого извлечения металлов из руд на месте их залегания под землей. Металлы и другие вещества, которые собираются извлечь из руд, переводятся под землей в химический раствор, в жидкое или газообразное состояние. Предлагается это сделать при помощи выщелачивания, растворения, расплавления, возгонки. Образующиеся в результате этих процессов так называемые продуктивные растворы извлекаются на поверхность и перерабатываются.

Геотехнология, или бесшахтные методы добычи некоторых полезных ископаемых, уже используется в нескольких странах: химические, физико-химические, биохимические и микробиологические методы добычи полезных ископаемых на месте их залегания. СССР является родиной технологии почти всех способов бесшахтной добычи минерального сырья.

Как отмечает доктор геолого-минералогических наук А. Калабин: «В ряде отраслей горно-добывающей промышленности на основе старой технологии уже нельзя добиться коренного прогресса механизации и автоматизации. Поэтому необходимо

быстрее освоить принципиально новую технологию горного производства».

Растет число проектов и предложений по новой технологии. Американские специалисты предлагают добычу руды заменить действием хлористого водорода на глубинные залежи руды с получением хлористого железа. При взаимодействии полученного соединения с водяным паром будет получаться окись железа и регенерироваться хлористый водород.

Полученная окись железа после восстановления водородом будет давать железный порошок. Его можно насыщать углеродом и другими элементами с получением стали нужных марок.

Согласно современным научным представлениям, внутри Земли существуют скопления жидкой магмы, где образуется много полезных ископаемых. Говоря о будущем горного дела и металлургии, профессор Ю. М. Васильев пишет, что при достижении достаточной глубины человек сможет выпустить на поверхность земли жидкую магму, насыщенную почти всеми элементами Периодической системы Менделеева. При отстаивании в особых бассейнах из нее вначале выкристаллизуются тугоплавкие металлы — вольфрам, молибден. Затем выделяется кобальт, железо, медь, цинк. Последними будут извлекаться свинец, олово и другие низкоплавкие металлы. В будущем не исключаются процессы совместного получения металлов и шлака. Особенно тогда, когда будут, по предложению академика Н. Н. Семенова, получать сырье из глубины недр Земли — бурить до магмы и управлять ее истечением на поверхность по типу вулканической лавы.

Новая отрасль техники — геотехнология все больше привлекает внимание специалистов.

Своеобразной разновидностью геотехнологии является гидротер-

мальная металлургия. В природе встречаются иногда готовые растворы химических веществ. Так, в зоне рифта Красного моря обнаружены отдельные котловины глубиной до 2 км, температура воды в которых доходит до 56°C, а концентрация солей — до 25,5%. На склонах котловины выпадает осадок, состоящий в основном из окислов железа.

Нечто подобное — придонную впадину, наполненную горячей водой — обнаружили советские ученые во время плавания в Красном море на исследовательском судне «Академик С. Вавилов». Позже зарубежные океанографы нашли еще две подобные впадины. Самая большая из них находится на глубине 2000 м и занимает площадь около 80 км². Толщина слоя воды с температурой 60°C около 200 м. В нем железа, марганца, цинка, свинца, золота, серебра растворено в 50 раз больше, чем в обычной морской воде. Донный ил оказался состоящим на 90% из соединений тяжелых металлов. Геологи полагают, что

такие же впадины должны быть в Тихом океане.

По современным научным представлениям и в нашу эпоху развития Земли протекают процессы гидротермального образования руд. Оно связано с горячими водными растворами, возникающими в связи с процессами остывания магмы, внедрившейся в земную кору.

Термальные воды естественных источников в пробуренных скважинах ежегодно выносят на поверхность земли большие количества различных элементов. Советские специалисты предлагают концентрировать редкие компоненты в процессе опреснения термальных вод. «Я убежден, — заявляет кандидат геолого-минералогических наук Л. Лебедев, — что в недалеком будущем горячий океан Земли станет неисчерпаемым источником цветных металлов, редких и рассеянных элементов. Гидротермальная металлургия должна занять в системе нашего производства достойное место».

БАЗАЛЬТОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Известно, что железо есть не только в руде. Окислы его — важнейшая составная часть многих минералов, образующих земную кору. Железо входит в состав не менее трехсот минералов. В дальней перспективе, по мере использования более бедных руд, придется, очевидно, обратить внимание на те горные породы, которые содержат большое количество железа, такие как базальт, гнейс, сиенит, диабаз и т. п. В них содержится железа от 6 до 12%. Когда развитие техники позволит осуществить комплексную переработку горных пород с полным извлечением всех или большинства металлов, тогда процессы полиметаллургии станут экономически выгодны.

Уже сейчас целесообразно подумать об извлечении металлов в сочетании с производством литья из базальта, которое уже начинает использоваться в некоторых отраслях

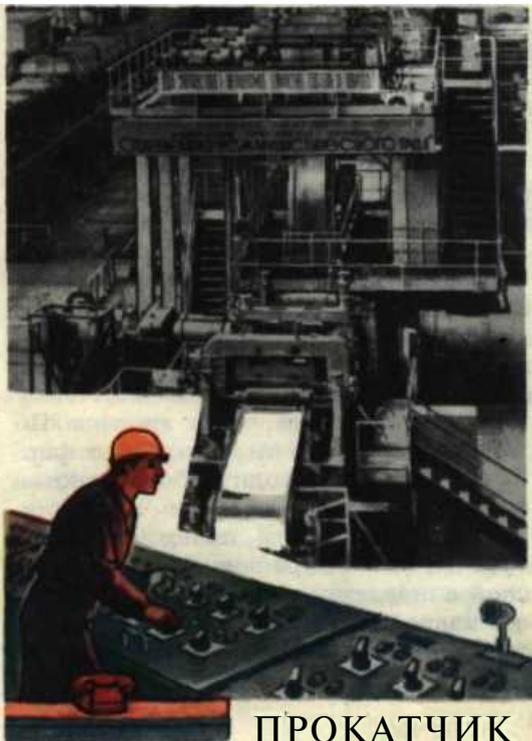
техники. Петрургия, производство изделий из каменного литья, таит удивительные возможности и в перспективе крупный источник народнохозяйственной экономии, в частности экономии черных и цветных металлов.

Одна тонна каменного литья может сберечь хозяйству от 2 до 10 т металла и сэкономить при этом 750 руб.

Литой камень хорошо поддается обработке. Устойчивость его против истирания значительно выше, чем у легированных сталей и чугуна. По кислотостойкости он не уступает фарфору и превосходит большинство металлов. Он не боится коррозии, старения, усталости, низких температур. Оттого в производстве химической аппаратуры и специальных труб он часто оказывается более эффективным материалом, чем нержавеющая сталь.



КРАНОВЩИК



ПРОКАТЧИК

Как правило, использование каменного литья намного увеличивает сроки службы промышленного оборудования. Так, гидроциклоны из серого чугуна служат не больше четырех месяцев, а футерованные каменным литьем — около года. Больше двух лет работают желоба из литого камня на шлакопроводах доменных печей Криворожского металлургического комбината. Раньше желоба делали из металла и меняли каждые полгода.

Хорош литой камень, но у него есть слабое место — он уступает металлу в прочности на изгиб и удар. Сейчас на камнелитейных заводах многие изделия изготавливают из армированного базальта, способного по многим технологическим показателям конкурировать с железобетоном.

Еще более прочны недавно изобретенные в нашей стране металлокаменные материалы, которые можно назвать «железобетоном наоборот». В процессе плавления в металл, например в сталь, чугун, алюминий, титан, вводят частицы камня, прежде всего базальта. Когда металл застывает, он с большой силой давит на камень. Создается как бы предварительно напряженная конструкция, металлокамень — например сталебазальт, который, с одной стороны, заметно дешевле металла, а с другой — значительно прочнее, устойчивее к различным нагрузкам, чем обычное каменное литье. Из сталебазальта можно делать крупные детали машин.

По одной из версий слово «базальт» происходит от эфиопского «басал» — камень, содержащий железо. Среди минералов, образующих базальты, немало железосодержащих. В Гренландии даже найдены разновидности базальта с вкраплением самородного железа.

Мировое производство стали продолжает расти. Расходуется огромное количество железных руд, а процентное содержание железа в них уменьшается с каждым годом. Руды приходится подвергать все более глубокому

обогащению. Например, руды известного Качканарского месторождения на Урале содержат только 14—16% железа.

Пока нам еще хватает железных руд. Но в не столь отдаленной перспективе—эпоха истинно комплексной переработки горных пород. Из них будут извлекать все полезные вещества, все ценные металлы, и тогда базальтовая металлургия станет экономически оправданной.

Посмотрите, что содержится в базальте: 10—15% окиси и закиси железа, 42—52% окиси кремния, 6—20% окиси магнезия, 10—12% окиси алюминия, 1—3% окиси титана. А если их извлечение сочетать с производством каменного литья и получением сталебазальта?

Академик Д. И. Щербаков считал, что когда на Земле будут исчерпаны запасы железных руд, наступит век базальтовой металлургии.

ОКЕАНСКАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Сокращение мировых запасов полезных ископаемых на суше заставило ООН заняться детальным рассмотрением проблемы минеральных ресурсов Мирового океана. В 1968 г. был создан специальный комитет для изучения вопросов международного использования дна морей и океанов. В его состав вошли представители 35 стран, включая СССР.

По сообщению ЮНЕСКО, в ближайшие 10—20 лет в Мировом океане будет создана морская горная промышленность с объемом производства на сумму 10—20 млн. долларов в год. За рубежом широко осваивают промышленную технологию и специальное оборудование для подводной добычи. Десятки фирм и компаний заняты разработкой морских минеральных ресурсов.

Ожидается, что мировая потребность в минеральном сырье в 1980 г. возрастет в два, а к 2000 г. — в три раза против современного уровня. Надо полагать, что и морская горная промышленность будет развиваться такими же быстрыми темпами.

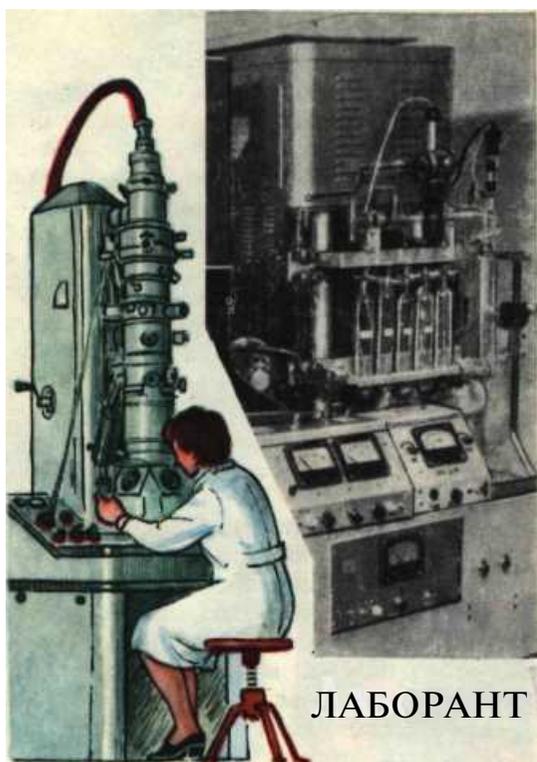
Ресурсы Мирового океана вскрываются. К ним относятся подводные нефтяные и газовые месторождения, россыпи тяжелых металлов на материковой отмели, огромные залежи железомарганцевых и полиметаллических конкреций на океанском дне, хромовые руды подводных хребтов, редкие элементы в морской соли и другие богатства. Человек начинает осваивать их. Со дна прибрежных

отмелей добывают сейчас нефть, газ, уголь и железную руду, серу, некоторые редкие и рассеянные элементы. Со дна материковой отмели на юго-западном побережье Африки при помощи насосов вместе с грунтом извлекают алмазы.

Все настойчивее ставится вопрос о широком промышленном использовании железомарганцевых конкреций. Расчеты показывают, что добыча рудных залежей моря рентабельна даже тогда, если с каждого квадратного метра поверхности дна можно получить только 50 г руды. Ведь при этом отпадает необходимость в дорогих и трудоемких вскрышных работах, проходке шахт, креплении штреков, выемке пустой породы.

Запасы железомарганцевых конкреций только в Тихом океане американский геолог Д. Мерио оценивает в 1,5 триллиона тонн. К тому же ежегодный прирост конкреций составляет около 10 млн. т, тогда как на суше месторождения полезных ископаемых после разработки не восстанавливаются.

Предлагаются самые различные проекты использования океанских запасов металлов. Так, японские судостроители создали оригинальную многоковшовую драгу для добычи полезных ископаемых с глубины 3 км. Ее основа — прочный синтетический трос из пропилена длиной 8000 м. Он свободно свисает с судна, и к нему прикреплены черпаки. Трос спускают с носа корабля, а подни-



мают у кормы. Обычно рассеянные на морском дне ископаемые добывали при помощи «эрлифта» — трубы, по которой поднимался воздух, закачиваемый с судна. Он увлекал воду, а вместе с ней — и добываемую руду, смешанную с водой в виде пульпы. Новый способ оказался вдвое эффективнее, и ему сулят большое будущее.

В СССР организована лаборатория технологии подводной добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов при Московском горном институте. Министерство цветной металлургии СССР в 1966 г. провело опытно-разведочные работы, а в 1967 г. организовало первое опытное разведочно-эксплуатационное предприятие по добыче со дна моря титаносодержащих песков. В 1968 г. ученым для исследования выделили земснаряд «Выборгский» и судно «Тура» водоизмещением 1100 т.

В нашей стране с успехом проведена пробная плавка на шихте из конкреций, собранных в Тихом и Индийском океанах исследовательским судном «Витязь». Технологические испытания, проведенные сотрудниками института «Гипроникель», показали достаточную эффективность переработки конкреций, возможность полного извлечения марганца, никеля, кобальта, меди.

Академик Л. А. Зенкевич поддерживает гипотезу инженеров-судостроителей А. Н. Дмитриева и М. Н. Диомидова, предложивших использовать давление воды на дне океана для проведения химических реакций в промышленных масштабах. Авторы проекта считают вполне осуществимым в недалеком будущем строительство на дне океана химических предприятий, сырьевой базой которых могут служить неисчерпаемые залежи океана. Они же предлагают использовать для сбора конкреций ныряющие рудовозы-автоматы.

В организации морской горной промышленности в нашей стране большая роль отводится океанологической науке, особенно морской геологии.



НАЛАДЧИК

БИОМЕТАЛЛУРГИЯ

Самая необычная сталь выплавлена недавно в Японии. В качестве легирующего элемента в сплав добавили ванадий, который получен не из руды, а из ...асцидий. Оказывается, эти морские животные впитывают ванадий из воды. Асцидий собирают, высушивают, а потом сжигают. Из пепла и получают редкий металл. Конечно, метод хлопотливый. Но в стране, где недра бедны рудами, его считают даже выгодным.

Способность некоторых растений и простейших живых существ накапливать химические элементы из окружающей среды иногда просто поразительна. В некоторых организмах концентрация железа оказывается в 600 раз больше, чем в воде. В крови осьминогов обнаружено много меди, а моллюски поглощают ее в 200 раз больше, чем содержится в окружающей среде. Асцидий накапливают до 0,5% ванадия, медузы собирают цинк, олово, свинец, радиолярии — стронций. Растения тоже участвуют в процессах поглощения элементов: фикусы и ламинарии накапливают алюминий, болотная ряска — радий. Многие водоросли богаты иодом, бромом и другими ценнейшими элементами.

В рудниках всегда образуются дренажные воды. В условиях водно-воздушной обстановки в рудных шахтах минералы окисляются и обогащают рудничную воду железом и серной кислотой. При откачке вод на поверхности везде можно видеть желто-коричневый осадок гидратов окиси железа. Железо в этих водах окислялось намного быстрее, чем это было в лабораторных условиях. Виновниками оказались бактерии из рода *Тиобациллус* и по своей способности окислять закисное железо в кислых растворах были названы ферроксида́нс (железоокисляющая). Впервые о них сообщил еще в 1888 г. русский микробиолог С. Н. Виноградский. Потребовалось немало времени для их изучения. Но результаты заслужили того.

Для создания 1 г органических соединений своей протоплазмы железобактерии перерабатывают 464 г углекислой закиси железа, переводя ее в окисные соединения. Ученые выяснили важную роль железобактерий в круговороте железа на земле. Благодаря бактериям железо перекачивается из глубин земли на поверхность и откладывается в виде железной руды. Так образовалось знаменитое



Криворожское месторождение у нас и железорудное месторождение в районе Великих озер в США.

Загадку образования железных и марганцевых залежей на дне озер раскрыли микробиологи Ленинграда. «Подводными металлургами» называют они не известные ранее виды бактерий, которым, как оказалось, принадлежит роль главных производителей рудных пластов и конкреций

«Производственный цикл» металлогенических бактерий, изученных в озерах Карельского перешейка и Кавказа, заключается в окислении растворенных в воде ионов металлов, которые затем осаждаются на дне. Ученым удалось выделить чистую культуру этих удивительных микроорганизмов, едва различимых в сверхмощных электронных микроскопах.

В лабораторных условиях бактерии показали завидную работоспособность: конкреции марганца размером со спичечную головку они создавали за две-три недели. Ученые полагают, что именно таким путем в течение многих тысяч и миллиардов лет скапливались мощные залежи железняка и марганцевых руд.

Открытие и детальное изучение металлогенических бактерий позволяет не только объяснить происхождение рудных месторождений, но и более обоснованно прогнозировать их.

Высказываются предложения об использовании железобактерий для металлургической переработки в качестве живой руды. Английские исследователи отмечают, что микро-

организмы типа азобактер и ферробактер можно использовать для целей химического синтеза и превращения солей железа в растворимые соединения. Это дает возможность вести гидрометаллургический процесс. На этом пути предстоит решить еще многие задачи для изыскания технологически эффективных способов переработки руд для избирательного их обогащения при помощи микроорганизмов. Однако нет сомнений в целесообразности новых методов микробиологической добычи минерального сырья.

Различные бактерии приспособились к переработке строго определенных химических соединений. Избирательное их действие положено в основу нового направления названного рудной микробиологией.

В 1964 г. создана первая в СССР бактериальная установка — на Дегтярском месторождении, она проработала лишь три летних месяца и на ней получили несколько десятков тонн первой «бактериальной» меди. Первый промышленный опыт дал многое; внесли поправки в конструкцию установки и в режим ее работы. На этом руднике появилась новая установка

Мы рассмотрели некоторые возможные пути развития металлургии будущего. Приведенные факты свидетельствуют о том, что ученые и инженеры уже сейчас работают над созданием новых способов добычи железа. Мы можем быть спокойны за судьбу металла-труженика. Он еще долго будет служить челове-



ЧТО ЧИТАТЬ ДАЛЬШЕ?

Для тех, кто хочет продолжить знакомство с железом и получить новые сведения о профессиях и различных производствах в металлургии, рекомендуем для чтения следующие книги:

Бурпаков И. Е. Люблю кузнечное дело. Л., «Машиностроение», 1973.

Венуцкий С. И. Рассказы о металлах. Изд 2-е. М, «Металлургия», 1975.

Гинер П. Г. Тайны огненной страны. Днепропетровск, «Промшь», 1972.

Крамов В. Путевка в жизнь. Вып. 3. М. «Молодая гвардия», 1969.

Мгзенин Н. А. Повесть о мастерах железного дела. М., «Знание», 1973.

Панкратов В. Н. Запах металла. Свердловск, Средне-Уральское книжное изд-во, 1976.

Панфилов М. И. На подступах к высотам. Свердловск Средне-Уральское книжное изд-во, 1974.

Петриченко А. М. Книга о литье. Киев, «Техника». 1972.

Турбал В. В. Повелитель огня. Челябинск, Южно-Уральское книжное изд-во, 1973.

Уржумов С. В. Край новых домен. Алма-Ата, «Казахстан», 1976.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЮДИ ОГНЕННОЙ ПРОФЕССИИ		Советская черная металлургия	5
		Металлургические профессии	6
ЖЕЛЕЗО – ВСЮДУ!	9	В живой природе	9
		В морской воде и на дне океана	11
		В земле	13
		В космосе	16
О СВОЙСТВАХ ЖЕЛЕЗА	19	Есть ли чистое железо?	19
		Кристалл Д. К. Чернова	20
		Железо-магнит	22
		«Ржа ест железо»	25
		Удивительные стали	27
ИЗ ИСТОРИИ ЖЕЛЕЗА	33	Дороже золота	33
		Почетная профессия	34
		Железная колонна в Дели	37
		Булат — знаменитая сталь	39
		Уральская марка	44
		Петровский указ	47
		Исчезнувшие профессии	50
ЖЕЛЕЗО В ТЕХНИКЕ	54	Биография железных вещей	54
		Железо на войне	62
		Строительные идеи в металле	65
		Металл на Всемирных выставках	75
		Письмо на железе	80
		Чугун спорит со сталью	83
		Без труб труба	85
		Металлы в атомной энергетике	87
		Металлы в космосе	90
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ МОЗАИКА	93	«В народе без железа, как при обеде без соли»	93
		Алмазы в железе	94
		" Золотистый чугун	96
		Опасный сплав	98
		Застывшая музыка в металле	99
		Железная камера	104
		Курорт у домны	105
		Железный амулет	106

ТЕХНИКА ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗА	107	Старинные рецепты	107
		Микрометаллургия	108
		Необычная прокатка	112
		Металлы под высоким давлением	114
		Сталь и холод	116
		Царство жаростойких материалов	119
		Магнит обрабатывает сталь	120
		Полезная ржавчина	123
ЖЕЛЕЗО В НАУЧНО-ТЕХНИ- ЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ	125	Интенсификация процессов	125
		Автоматизация процессов	128
		Прямое получение железа	130
		Непрерывный процесс	132
		Энергия в процессах	136
		Повышение качества металла	137
		Металлург и научно-техниче- ская революция	138
БУДУЩЕЕ ЖЕЛЕЗА	140	Железо и технический прогресс	140
		Подземная металлургия	142
		Базальтовая металлургия	143
		Океанская металлургия	145
		Биометаллургия,	147
		Что читать дальше?	149

«БИБЛИОТЕЧНАЯ СЕРИЯ»

Николай Александрович МЕЗЕНИН
ЗАНИМАТЕЛЬНО О ЖЕЛЕЗЕ

ИБ № 737

Редактор издательства Е. К. ПОЛТОРАЦКАЯ
Художественный редактор Г. А. ЖЕГИН
Технический редактор Е. Б. ВАЙНШТЕЙН
Корректоры Н. Ил. ШЕФТЕЛЬ, И. Д. КОРОЛЬ
Художники Б. Л. РЫТМАН и О. М. ШУХВОСТОВ

Сдано в набор 27/V 1976 г. Подписано в печать 25/1 1977 г.
Т-01545. Формат бумаги 70X 100/16. Бумага офсетная № 1
Усл. печ. л. 12,26. Уч.-изд. л. 13,30. Тираж 50 000 экз
Заказ № 2760. Изд. № 3239. Цена 1 р. 68 к.

Издательство «Металлургия». 119034, Москва, Г-34,
2-й Обыденский пер., д. 14.
Ленинградская фабрика офсетной печати № 1 Союзполи-
графпрома при Государственном комитете Совета Минист-
ров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной
торговли. Ленинград, 197101, ул. Мира, 3.

Мезенин Н. А.
М 44 Занимательно о железе. М., «Металлургия», 1977.
152 с.

Книга рекомендуется в качестве пособия при выборе профессии. Содержит популярные рассказы об истории возникновения и развития металлургии железа, любопытные сведения о свойствах этого металла, об уникальных изделиях из него, о путях, которые привели железо к почти безграничному господству во многих областях человеческой деятельности. Читатель познакомится как со старинными легендами о железе, так и с новейшими металлургическими профессиями, а также с будущим металлургии.

Расчитана на широкий круг читателей и в первую очередь для школьников, учащихся профессионально-технических училищ, техникумов и всех, кто интересуется удивительными достижениями современной техники, связанной с использованием металла.

31001-053
040(01)-77

669.12

