

Н. А. МЕЗЕНИН

Занимательно о железе



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

Н. А. МЕЗЕНИН

Занимательно о железе

Издание 3-е, переработанное
и дополненное



МОСКВА «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1985

Рецензент *А.А.Гусовский*

Оформление и рисунки
художника *В.Н.ЗАБАЙРОВА*

Мезенин Н.А.

М 44 Занимательно о железе.
— 3-е изд., перераб. и доп.—
М.: Металлургия, 1985. —
176 с., ил., 1,22 л. ил. —
(Научно-популярная библиотечка школьника)

ИСБН

Словом “железо” обозначают всю совокупность черных металлов, изделия из чугуна и стали. В сплавах на основе железа сочетаются прочность, пластичность, способность превращаться в изделия любой формы и противостоять ударным нагрузкам, работать при очень низких и довольно высоких температурах.

Книга рассказывает о том главным, чем связаны все металлургические профессии — о железе, металле, который добывают и обрабатывают металлурги многих специальностей. Человеку, выбирающему металлургическую профессию, надо знать больше об истории металла, о том, что связано с его производством, обработкой и использованием.

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

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

ББК 34.327

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЮДИ ОГНЕННОЙ ПРОФЕССИИ

Советская черная металлургия	4
Металлургические профессии	6

ЖЕЛЕЗО — ВСЮДУ!

В живой природе	8
В морской воде и на дне океанов	11
В земле	14
В космосе	17

О СВОЙСТВАХ ЖЕЛЕЗА

Есть ли чистое железо?	21
Кристалл Д.К.Чернова	23
Железо-магнит	26
Ржа ест железо	29
Мир сталей и сплавов	32

ИЗ ИСТОРИИ ЖЕЛЕЗА

Дороже золота	38
Почетная профессия	38
Железная колонна в Дели	41
Булат — знаменитая сталь	43
Уральская марка	47
Петровский указ	49
Исчезнувшие профессии	52

ЖЕЛЕЗНАЯ МОЗАИКА

“В народе без железа, как при обеде без соли”	55
Алмазы в железе	58
Золотистый чугун	60
Опасный сплав	62
Застывшая музыка в металле	64
Железный амулет	69
Старинные рецепты	71

ЖЕЛЕЗО В ТЕХНИКЕ

Впервые из железа	73
Пашню красит плуг	79
Строительные идеи в металле	82

Эйфелева башня	83
Небоскребы	86
Останкинская игла	88
Стальные острова	91
Смелые проекты	92
Чугун спорит со сталью	94
Проволока и ее семейство	98
Канат	99
Струна	100
Гвоздь	102
Игла	103
Письмо на железе	104
Без труб труба	108
Стальной шарик	111

ТЕХНИКА ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗА

Микрометаллургия	116
Магнитная технология	119
Необычная прокатка	122
Высокие давления	125
Сталь и холод	129
Царство жаропрочных материалов	132

ЖЕЛЕЗО В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Возможности традиционных процессов	134
Прямые и непрерывные процессы	141
Энергия в процессах	144
Повышение качества металла	152
Экономия металла	157
Безотходная технология	161

БУДУЩЕЕ ЖЕЛЕЗА

Железо и технический прогресс	164
Проблема сырья	166
Атомная металлургия	169
Солнечная металлургия	172

ЧТО ЧИТАТЬ ДАЛЬШЕ?	175
--------------------	-----

Железо не только основа всего мира, самый главный металл окружающей нас природы, оно основа культуры и промышленности, оно орудие войны и мирного труда. И трудно во всей таблице Менделеева найти другой такой элемент, который был бы так связан с прошлыми, настоящими и будущими судьбами человечества.

Академик А.Е.ФЕРСМАН

ЛЮДИ ОГЕННОЙ ПРОФЕССИИ

СОВЕТСКАЯ ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Общеизвестны постоянно высокие темпы развития советской металлургии. Особенно значительны достижения этой отрасли в послевоенные годы. В начале 70-х годов советская металлургия вышла на первое место в мире по производству чугуна и стали. Теперь это высокоразвитая отрасль промышленности, оснащенная современными мощными агрегатами, обеспечивает своей продукцией не только народное хозяйство страны, но и предоставляет значительное количество сырья и материалов в другие страны. Советская металлургия выплавляет ежегодно миллионы тонн стали, производит более 20 тысяч типоразмеров стальных труб, более 90 тысяч наименований метизов, свыше 4 тысяч разновидностей горячекатаных и гнутых профилей из 2 тысяч марок сталей.

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 95 % всего объема потребления конструкционных материалов отраслями машиностроения. От роста производства этих металлов, расширения их ассортимента и улучшения качества во многом зависят рост социалистического производства, ускорение технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства, повышение эффективности производства.

Известно, что производство металлов — работа трудная. Но, несмотря на это, молодые люди приходят в металлургию, становятся настоящими металлургами, испытывая гордость за свою нелегкую, но такую нужную людям работу.

Журналисты, описывая металлургическое производство, не забывают рассказывать, как человек, касаясь кнопки, управляет огромной печью высотой до 80 метров. Нажимая на рычаги, перемещает ковш, вмещающий до 300 тонн стали, и заливает металл в изложницы, хватает стальными руками десятитонные слитки и направляет их в прокатные валки.

Нельзя забывать и о том, что металлург имеет дело с го-

рячим металлом и его профессия не исключает тяжелого физического труда, необычных ситуаций, требующих мгновенной реакции и решимости. 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 своего труда человек и приобретает профессию, овладевает специальными трудовыми навыками и теоретическими знаниями.

Сколько же надо знать металлургу? Горняк и металлург XVI века 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 400 лет назад.

Какие же знания необходимы металлургу в наше время? Особое внимание обращается на подготовку специалистов, обладающих не только общенаучными и производственными (практическими) знаниями, но и уме-

ющих оценивать важность новых изобретений, открытий, организовывать и осуществить их реализацию.

Существуют различные формы подготовки специалистов, например профессионально-техническое училище, техникум, институт. По уровню подготовки техническое училище приближается к техникуму, после окончания которого можно продолжать образование и повышать квалификацию.

Система современного металлургического образования в СССР основана на органическом соединении теоретического обучения с практической подготовкой будущих специалистов. Теоретический фундамент образования в высших учебных заведениях составляют физико-математические и химические науки, механика, металловедение, теория металлургических процессов, электроника, экономика и другие. На старших курсах изучают специальные дисциплины, определяющие специализацию в области металлургии. В соответствии с требованиями НТР в вузах изучают научную организацию труда, автоматизированные системы управления и электронно-вычислительные машины, их практическое применение в металлургии, роботизацию, управление качеством продукции, малоотходные и безотходные технологии, рациональное использование топлива и материалов.

Ежегодно десятки тысяч молодых специалистов — выпуск-

ников вузов и техникумов — примеряют спецовку металлургов. Будущие металлурги обучаются профессиям горновых доменных печей, подручных сталеваров, вальцовщиков, плавильщиков и в профессионально-технических училищах.

В области металлургии встречается еще немало трудных проблем, в изучении и решении которых участвуют ученые-исследователи, инженеры-изобретатели, рабочие-новаторы.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОФЕССИИ

Говорят, что самой лучшей профессией называют ту, которой отдают 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 существует много металлургических профессий: доменщик, сталеплавильщик, прокатчик и другие.

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 бушующей стихией. Это красиво, увлекательно, но и ответственно,

требует сильного характера, настойчивости.

В доменном цехе трудятся люди разных специальностей — газовщики, горновые, водопроводчики, машинисты вагонов-весов и рудных кранов, мастера, технологи. Но ведущей среди них является специальность горнового — человека, который работает у горна, где накапливается стекающий сверху чугун. Чтобы стать горновым, надо 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 чугунную летку. Огненный ручей металла с шумом течет по литейному двору и по желобу 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.

Выплавляют сталь сталевар и его подручные. Работа у них жаркая, ведь температура расплавленной стали только в четыре раза меньше температуры поверхности солнца. От искусства мастеров к науке сталеварения — вот путь металлургии.

Личное мастерство сталевара и сейчас не утратило своего значения. Пробу металла, взятую в печи, отправляют пневматической почтой в экспресс-лабораторию для анализа. Но еще до лабораторного анализа опытный сталевар может определить, какая сталь у него получается — 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 электроплавильной печей. Сталевар и его подручные должны понимать язык этих приборов и учитывать в своей работе. Подручные сталевара следят за правильной завалкой шихты, которую ведет машинист завалочной машины, заливают чугун, отбирают пробы, сливают шлак. Принимая участие во всех работах по обслуживанию печи, подручный постоянно готовится к тому, чтобы стать сталеваром.

Подручных и горновых готовят как в профессионально-технических училищах, так и на металлургических заводах. В учи-

лищах молодой рабочий, кроме профессии металлурга, получает и среднее образование.

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

Распределены обязанности здесь так же, как и на мартеновской печи. Бригада следит за температурным режимом, плавкой стали, состоянием днища конвертора, отбирает пробы. Конверторщик определяет готовность плавки по цвету пламени и другим признакам, по внешнему виду жидкого чугуна узнает его температуру, изучает контрольно-измерительные приборы и технологию выплавки стали.

Сварщик готовит слитки к прокатке, нагревая их в нагревательных печах или колодцах. Управляют блюмингом три машиниста попеременно: двое работают, третий отдыхает. Работа очень напряженная. Сидят машинисты в мягких креслах: их руки лежат 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 рабочие по уборке готового ме-

талла укладывают его в штабеля с помощью кранов.

Многие металлургические профессии осваивают и женщины. Они трудятся контролерами ОТК и лаборантами в экспресс-лабораториях, экономистами и учетчиками, машинистами мостовых кранов и исследователями в заводских лабораториях.

Познакомим читателя с профессией лаборанта в сталеплавильном цехе. Действия лаборанта предельно быстры и четки, постоянно звонят телефоны, вступают в реакцию пробы. На анализ отводятся считанные минуты. С опозданием он просто никому не нужен. И как приятно, когда твою работу ценят цеховые работники!

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

ЖЕЛЕЗО — ВСЮДУ!

В ЖИВОЙ ПРИРОДЕ

Француз Мери в XIX веке сделал сенсационное открытие — обнаружил железо в крови человека. Несведущие в медицине люди были поражены сообщением Мери. Кто-то даже предложил чека-

нить медали из железа, выделенного из 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 получал соединение, из которого химическим путем выделял железо. Юноша погиб от наступившего малокровия. Он так и не собрал нужного количества железа для изготовления кольца. Бедняга не знал, что общее содержание железа в крови взрослого человека невелико и составляет в среднем 3—4 грамма, 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 миллиграмм железа, столько же должно поступить с продуктами питания. Однако организм усваивает обычно не более одной десятой от принятого с пищей железа. Следовательно, суточная норма пищи должна содержать не менее 10 — 15 миллиграммов 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, правильно подбирая продукты питания. Больше всего железа содержится в печени, твороге, дыне, яблоках, сливах, абрикосах, тыкве, томатах, картофеле, ржаном хлебе.

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

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



лезо, таблетки Бло, настойка яблочнокислого железа, аскорбиновая кислота и другие.

В растительном мире роль железа не менее важна. За исключением железобактерий, все живые организмы — от растений до человека — связывают вдыхаемый кислород в сложные соединения. В центре их молекул 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, 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. Применение комплексных препаратов, содержащих железо, помогло увеличить урожай яблок и других культур.

В конце XIX века немецкий ученый Лидге опубликовал исследование о зависимости произрастания различных пород деревьев от содержания в почвах известных минералов. Он заметил, что в Прирейнских провинциях залежи железа покрыты по преимуществу березовым лесом, тогда как в окрестности

их, не имеющих железных руд, растут дуб, бук и другие породы деревьев. Ученый установил зависимость роста известных пород деревьев от наличия тех или иных минеральных солей в почве.

О зеленых разведчиках земных недр, о растениях-рудознателях было известно давно. Еще М.В.Ломоносов заметил, что растительность над рудными жилами изменяет свой обычный облик. Используя "ботаническую формулу" великого ученого, геологи открыли месторождения меди в центре Казахстана.

Поиски руд по растениям теперь изучает специальная наука — био-геохимия. Таких растений — "геологов" известно более 40 видов. Добрым спутником залежей железных руд считают сосну 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 она росла на железорудном месторождении. Способность некоторых растений и живых существ накапливать химические элементы из окружающей среды иногда поразительна. Так, биологи обнаружили у морского огурца "умение" синтезировать обыкновенное железо в виде круглых шариков прямо под кожей. Диаметр этих шариков не превышает 0,002 миллиметра. Этот феномен — новое свидетельство того, что живые организмы способны осуществлять процессы, для нор-

мального протекания которых нужны большие температуры и высокое давление. Это наводит ученых на мысль о создании биометаллургии.

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 увидеть желто-коричневый осадок гидратов окиси железа. Железо в этих водах окислялось намного быстрее, чем в лабораторных условиях. Виновниками оказались бактерии из рода тиобациллус; из-за способности окислять закисное железо в кислых растворах они были названы феррооксиданс (железоокисляющая). Впервые о них сообщил еще в 1888 году русский микробиолог С.Н.Виноградский. Потребовалось немало времени для их изучения.

В лабораторных условиях бактерии показали завидную работоспособность: скопление марганца размером со спичечную головку они создавали за две — три недели. Ученые полагают, что именно таким путем в течение многих тысяч и миллионов лет скапливались большие залежи железных и марганцевых руд. Так образовались знаменитое Криворожское месторождение в Советском Союзе и железнорудные залежи в районе Великих озер в США.

Появились уже первые установки для микробиологической

добычи минерального сырья (меди).

В 1964 году создана первая в СССР бактериальная установка — на Дегтярском месторождении. За три месяца на ней получили несколько десятков тонн первой "бактериальной" меди. Опытнo-промышленная установка по извлечению меди из руды методом микробиологической металлургии вступила в строй на Алмалыкском горно-металлургическом комбинате в 1982 году. В так называемой бедной руде поселили микробов, которые питаются серными окислами меди, выделяя при этом медный купорос. В полученный раствор засыпали стальную стружку, и чистый металл осаждался на ней ровным плотным слоем. Микробы-"металлурги" трудятся весьма производительно.

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 35 тонн на каждого жителя планеты. Много ли это? Судите сами: за все существование человечества произведено около 6 тонн на каждого человека.

Как ни велики минеральные ресурсы морской воды, наибольшее внимание ученых и инженеров привлекают сейчас минеральные богатства океанского

дна. Об огромных скоплениях железомарганцевых конкреций на дне трех океанов мира известно еще со времен экспедиции английского корвета "Челленджер" в 1873 — 1876 годах. В последние годы после изучения возможностей промышленной добычи конкреций интерес к ним возрос.

Типы железомарганцевых отложений разнообразны, начиная с пятен и корок, распространенных повсеместно, включая осколки снарядов морских орудий, на которых слой толщиной в несколько миллиметров нарастает за десятки лет, и кончая гранулами и кусками размером с картофелину. Конкреции могут лежать на дне так близко одна к другой, что общая картина напоминает мостовую. Такая сплошная мостовая из кусков отложений на плато Блейк занимает площадь 5 тысяч квадратных километров.

Конкреции образуются в глубоких океанских впадинах, в мелких водах, заливах, морях и даже озерах. В центре обычно какой-либо предмет, например зуб акулы, а вокруг него 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 сде-

лать 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, свинец.

Считается, что в состав конкреций со дна Тихого океана входят 24,2 % марганца, 14 % железа, около 1 % никеля, 0,5 % меди, 0,35 % кобальта; конкреции со дна 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.

Предлагаются самые различные проекты использования океанских запасов металлов. Так, японские судостроители создали оригинальную многоковшовую драгу для добычи полезных ископаемых с глубины 3 тысячи метров. Ее основа — прочный синтетический трос из пропилена длиной 8 тысяч метров. Он свободно свисает с судна и к нему прикреплены черпаки. Трос спускают с носа корабля, а поднимают у кормы. Обычно рассеянные на морском дне ископаемые добывали с помощью

эрлифита — трубы, по которой поднимался воздух, закачиваемый с судна. Он увлекал воду, а вместе с ней добываемую руду, смешанную с водой в виде пульпы. Новый способ оказался вдвое эффективнее.

В Советском Союзе организована лаборатория технологии подводной добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов при Московском горном институте. В 1966 году были проведены опытно-разведочные работы и организовано первое опытное разведочно-эксплуатационное предприятие по добыче со дна моря титансодержащих песков.

В нашей стране с успехом проведена пробная плавка на шихте из конкреций, собранных в Тихом и Индийском океанах исследовательским судном "Витязь". Проведенные технологические испытания 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 будущем строительство на дне океана химических предприятий, сырьевой базой которых могут служить неисчерпаемые залежи океана. Они предлагают исполь-



зовать для сбора конкреций ныряющие рудовозы-автоматы.

Несомненно, минеральные подводные богатства станут основой океанской металлургии.

В ЗЕМЛЕ

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

Химическим составом Земли, законами распространения 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 наблюдателю доступна лишь самая верхняя часть земной коры.

Достижения науки еще в XVII — XVIII веках позволили с помощью 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 Дебре (1866 год) о железном ядре Земли вскоре получили поддержку специалистов по изучению колебаний земной коры — сейсмологов.

Гипотеза о железном ядре Земли была развита в начале XX века в трудах немецкого сейсмолога 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 сравнительно меньшем градиенте температуры в ядре.

Если предположить, что поверхность внутреннего ядра разделяет твердое и расплавленное железо, то современные данные о фазовой диаграмме железа при высоких давлениях позволяют узнать температуру внутри ядра, что очень важно для изучения распределения температур в недрах Земли. Эксперименты с ударным сжатием железоникелевого сплава подтвердили вывод тео-

рии конечных деформаций о том, что плотность чистого железа при давлениях, соответствующих земному ядру, приблизительно на 8 % больше плотности ядра. Почти наверняка в ядре в качестве примеси присутствует металлический никель. Но его добавление не понижает плотность¹.

Австралийский исследователь в области физики твердой Земли 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 7 г/см^3 , окруженным твердой мантией из силикатов с плотностью $3,3 \text{ г/см}^3$.

Подтверждением этому может служить находка казахстанских геологов — обломков темной породы, найденных на земной поверхности. После комплексного исследования находки геологи пришли к выводу, что эти куски породы находились в очень давние времена глубоко в недрах планеты. 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 1 миллиарда лет назад эта порода являлась частью древних гео-



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

логических образований. Она претерпела глубокие изменения под действием огромного давления, превышающего 1000 МПа, и высоких температур: 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 вынесены к поверхности горные породы, залегавшие на глубине в десятки километров.

По современным представлениям, в 16-километровой толще земной коры содержится 4,5 % железа. В следующем слое, лежащем под земной корой, железа находится втрое больше; центр земного шара состоит из железа с примесью никеля и кобальта. В среднем же земной шар состоит на 34,6 % из железа. В составе Земли железо преобладает как по массе, так и по числу атомов. Оно является важнейшей составляющей частью в строении нашей планеты.

Используя поверхностные скопления минерального сырья, человек вынужден будет обратить внимание на сырье, более бедное по содержанию железа. Уже теперь приходится иметь дело с месторождениями, расположенными в тяжелых горно-геологических условиях.

В наше время используются традиционные способы добычи

руды — подземные или открытые. При такой добыче, 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 делать с помощью 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 используются в нескольких странах: химические, физико-химические, биохимические, микробиологические методы добычи полезных ископаемых на месте их залегания. СССР является родиной технологии почти всех способов бесшахтной добычи минерального сырья.

Известно, что железо есть не только в руде. Окислы его — важная составная часть многих минералов, образующих земную кору. Железо входит в состав не менее трехсот минералов. В перспективе по мере использования более бедных руд придется, очевидно, обратить внимание на такие горные породы,

как базальт, гнейс, сиенит, диабаз, которые содержат до 12 % железа. Когда развитие техники позволит осуществить комплексную переработку горных пород с полным извлечением всех или большинства металлов, тогда процессы полиметаллургии станут экономически выгодны.

Посмотрите, что содержится в базальте: 10–15 % оксида и диоксида железа, 42–52 % оксида кремния, 6–20 % оксида магния, 10–12 % оксида алюминия, 1–3 % оксида титана. А если их извлечение сочетать с производством каменного литья и получение сталебазальта?

Академик Д.И.Щербаков считал, что, когда на Земле будут исчерпаны запасы железных руд, наступит век базальтовой металлургии.

В КОСМОСЕ

Немецкие ученые Бунзен и 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 годах по линиям спектра в атмосфере Солнца обнаружили содержание нескольких элементов — натрия, кальция, магния и других.

Уже в первые годы развития спектроскопии ученые сопоставили теоретические сведения о химическом составе небесных тел с анализом метеоритов — этих единственных в те времена

образцов космического вещества на Земле. Исследование метеоритов значительно обогатило наши представления о телах космического происхождения.

Сейчас во всем мире зарегистрировано свыше 2 тысяч метеоритов, в коллекции АН СССР находится около 400 отечественных и зарубежных метеоритов.

Все метеориты подразделяются на три основных класса: железные, железокаменные и каменные. В среднем из 16 упавших метеоритов один железный. Железный метеорит содержит 91 % железа, до 8,5 % никеля и другие элементы. Метеориты двух следующих классов имеют от 1 до 50 % железа. Масса метеоритов 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 железо с упавших метеоритов использовали для изготовления оружия, орудий труда, а также ювелирных изделий. Этот материал трудно поддавался обработке. Как-то бухарский эмир приказал своим лучшим оружейникам отковать ему меч из куска "небесного железа". Но сколько они не старались, ничего у них не вышло. Нагретое железо не поддавалось ковке, и эмир казнил неудачников.

И все-таки рассказывают,

что у древнеримского царя Нумы Помпилия (VII век до н.э.) железный щит был сделан из камня, упавшего с неба. Для властелина одного индийского княжества Джехангира в 1621 году удалось изготовить две сабли, кинжал и наконечник пика 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 году 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, первоначальная масса которого составляла 15 тонн. В шести местах этот метеорит имел следы отделения больших кусков железа.

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

Издавна метеориты были ценнейшим объектом для научных исследований. Сведения, получаемые при их изучении, оказались необходимыми астрономам, геологам, физикам, конструкторам космических кораблей.

Прежде всего состав мете-

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

Как отмечал академик А.Е. Ферсман, "метеориты в своем составе как бы продолжают ряд изменений земных пород с глубиной и являются как бы дальнейшими, более глубинными породами, которые нам пока неизвестны". На основании подобных заключений ученые считают, что каменные метеориты являются образцом вещества нижних зон каменной оболочки Земли толщиной 1200 километров. Предполагают, что оболочка толщиной 1700 километров состоит из вещества железокремневых метеоритов, а центральное ядро — из вещества железных метеоритов. В геохимической литературе приводится вероятный состав ядра Земли: 90,7 % железа, 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 состав-

лять минимум несколько километров. Теперь же этот слой мало заметен, ибо успел смешаться с веществом планеты.

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 секунды за миллиард лет. В то же время Земля постоянно теряет часть своего вещества в космическое пространство в виде газообразных элементов и различных химических соединений.

С доставкой на Землю образцов лунного грунта возможности исследования состава космических тел значительно возросли. Рассказывая о результатах исследования грунта, доставленного на Землю станцией "Луна-20", академик А.П.Виноградов сообщил, что „в частицах лунного грунта было обнаружено тонкораспыленное металлическое железо, сконцентрированное в поверхностных слоях. Это металлическое железо не окисляется на воздухе". Исследователи занимаются изучением удивительных свойств лунного железа.

В отделе физических проблем материаловедения Уральского политехнического института было проведено комплексное исследование образцов лунного железа и железоникелевых сплавов, доставленных советскими автоматическими станциями "Луна-16" и "Луна-20", а также



американскими космическими кораблями "Аполлон" из разных районов Луны. Образцы — это в основном мелкие частицы.

Структуру лунного железа классифицировали, разделив их на первичные образцы и вторичные, подвергшиеся, так сказать, "обработке на Луне", и установили, что среди образцов есть целый ряд уникальных структур, которые до сих пор не встречались в подобных сплавах земного состава. Среди первичных наиболее ярко выражены кристаллические структуры, среди вторичных — деформации, возникшие в результате метеоритной "бомбардировки", изменения температуры в течение лунных суток от $+120^{\circ}\text{C}$ до -130°C и другие воздействия.

Мнений по поводу стойкости лунного железа высказывается много. Вот, какое объяснение дают уральские ученые: дело в строении, в структуре металлов, а структура в свою очередь объясняется условиями ее формирования в космосе.

Образование необычных форм неокисленных металлов на Луне связывают также с воздействием так называемого солнечного ветра на поверхность Луны. Солнечный ветер — это поток заряженных ионов большой энергии, посылаемый Солнцем, и падающих на поверхность планет, которые не защищены атмосферой. Такая бомбардировка при определенных условиях может увеличить кор-

розионную стойкость поверхности.

Член-корреспондент АН СССР В.Л.Барсуков объясняет образование чистого металла на Луне тем, что ее поверхность интенсивно бомбардируется протонами и другими частицами солнечного ветра. При этом протоны, захватив кислород лунного вещества, уносят его в космическое пространство, восстанавливая таким образом окисленный металл.

Современная астрофизика установила относительную однородность химического состава известной части Вселенной. Изучение образования химических элементов имеет большое практическое значение: знание процесса синтеза химических элементов в природе позволит людям добиться их осуществления сначала в лаборатории, а 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 в наиболее устойчивое — 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.

Исходя из факта различной плотности планет земной группы (более близкие к Солнцу состоят из более плотного вещества), американский физико-химик 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 других элементов.

О СВОЙСТВАХ ЖЕЛЕЗА

ЕСТЬ ЛИ ЧИСТОЕ ЖЕЛЕЗО?

В книге профессора В.С.Меськина о производстве высококачественной стали можно прочесть: "Тех-

нические свойства химически чистого железа еще неизвестны, так как до сих пор химически чистое железо не получено даже в лабораторных условиях". Удивительно, не правда ли? В мире ежегодно производятся 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, скажется на различных областях техники. Член-корреспондент АН СССР Е.М. Савицкий считал, что вся новая техника построена на вновь выявленных свойствах материалов.

Изучая чистое железо, выяснили, что оно имеет хорошие магнитные свойства. Магнитная проницаемость его в десятки раз выше, чем обычного технического чистого железа, содержащего около 0,665 % примесей. Коэрцитивная же сила ниже, чем у технического чистого железа. Это объясняется тем, что указанное свойство в высшей степени чувствительно к малейшим искажениям кристаллической решетки,



вызываемым 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 год): "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.Рурель получил через Восточно-индийскую компанию кусок такого самородного железа из Сенегала, где находится оное в превеликих глыбах. Сей ученый химик ковал оное в прутки и нашел, что оное без переплавки на всякую поделку способно. В Сибири во многих местах находят самородное железо".

Появление самородных металлов на поверхности планеты и до сих пор одна из самых запутанных загадок природы. Геологи считают, что легче найти самородки золота или платины, чем чистое железо. Каждая такая находка считается сенсацией. В 1982 году экспедиция советских геологов в отрогах Кураминского хребта в Киргизии в магматической породе обнаружила самородный хром, рассыпанный мельчайшими шариками, а рядом — выделения самородного

железа, когенита и муссанита — тоже редких минералов. Глубинное происхождение самородков подтверждено изотопным анализом. Самородки образовались на глубине около 60 километров и были вынесены наверх потоком магмы.

В природе есть еще два весьма редко встречающихся естественных железоникелевых сплава: аварюст (FeNi_{12}) и жозефенит (Fe_3Ni_5), 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 имеет 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. В 1905 году геолог А.А.Иностранцев обнаружил в районе Русского острова на Дальнем Востоке небольшие пластообразные скопления самородного чугуна, находящегося на глубине 30 — 40 метров под скальными породами морского берега. В извлеченных через буровую скважину образцах чугуна оказалось около 3,2 % углерода, 1,55 % кремния и 0,66 % марганца.

Образование самородного железа в земной коре связыва-

ют с процессами застывания магмы. Выделяется оно из окислов или сульфидов железа в результате восстановительных процессов, протекающих при наличии в магме углерода. Поэтому вместе с самородным железом находят минерал когенит — железоникелевый карбид $(\text{FeNiCO})_3\text{C}$. 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 оксида углерода. Эти соединения химически взаимодействовали 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 %, то есть в 1750 раз больше.

КРИСТАЛЛ Д.К.ЧЕРНОВА

Знаменитый русский металлург Д.К.Чернов — 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 миллиметров, большинство же имело длину до 3 миллиметров и ширину 1 — 1,5 миллиметра. Встречались иногда хорошо развитые кристаллы с очень тонкими очертаниями, но таких малых размеров, что четко они были видны только 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 Берсенов, посланный в Англию приемщиком на большой металлургический завод, нашел огромный кристалл в грудке стального лома шихтового двора. Как удалось выяснить, кристалл вырос в стотонном слитке стали. Администрация завода охотно отдала кристалл Берсенову, а тот подарил его своему учителю Чернову, который тщательно исследовал уникальный кристалл. Масса его оказалась 3 килограмма 450 граммов, длина 39 сантиметров, химический состав: 0,78 % углерода, 0,255 % кремния, 1,05 % марганца, 97,86 % железа.

Меньший отросток этого двойного кристалла, разрезанный на несколько частей, был всесторонне исследован не только Д.К.Черновым, но и другими металловедом.

жил объектом для ряда дальнейших изысканий 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 валок, увидел в усадочной раковине отливки огромный иссиня-черный металлический кристалл. Он напоминал по форме дерево с разветвленной кроной. Новый "кристалл Д.К. Чернова" был высотой около 400 миллиметров. Немного позже при обработке еще одного валка был обнаружен подобный же кристалл черного цвета.

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 вни-

мание так называемые металлические усы — тончайшие нитевидные кристаллы, всего в несколько микронов толщиной, но с высокой прочностью. Путем восстановления из хлористого или бромистого железа были выращены усы этого металла длиной до 10 сантиметров и диаметром до 1 миллиметра. Предел прочности таких железных усов до 12 — 13 ГПа, в то время как сталь с прочностью на разрыв 1500 — 2000 МПа считается высокопрочной, а сталь с прочностью 2000 МПа сверхпрочной.

Нитевидные кристаллы железа обладают и другими интересными свойствами. Коэрцитивная сила их составляет 500 Э, в то время как у лучших магнитных сплавов 250 Э, а у чистого железа 1 Э. При окислении в потоке чистого кислорода за 100 минут на нитевидных кристаллах окисленный слой составляет 1 мкм, а у обычного железа за 20 минут слой в 4,5 мкм.

Рентгеноструктурный анализ помог разгадать причины чудесных свойств "усов" — это были бездефектные, "идеальные" монокристаллы чистого железа. Отсутствие дефектов в „усах" объяснялось особенностью их роста и малыми размерами. Они росли настолько быстро, что дефекты не успевали возникнуть: не хватало ни времени, ни места.

Прочность нитевидных кристаллов зависит от их размеров. Чтобы прочность была значительно выше обычной, необходимо использовать кристаллы диамет-



ром менее 10 мкм. Эту зависимость доказали на примере нитевидных кристаллов железа.

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

Для специальных приборов и конструкций используются 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 поликристаллами: 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, высокой сопротивляемостью ползучести до температур плавления.

Так возникла идея изготовить изделие из целого кристалла. Например, прочностью и жаростойкостью турбинных лопаток определяются боевые качества самолетов и экономичность энергетических систем. В жаропрочных сплавах, из которых обычно отливают лопатки, самым уязвимым местом являются границы между зёрнами.

Специальный литейный процесс с направленной кристаллизацией позволил получить лопатки из монокристалла — они выдерживают вдвое больше тепловых ударов, чем обычные.

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

ЖЕЛЕЗО — МАГНИТ

Все металлы в той или иной степени способны намагничиваться. Однако наиболее сильно подвержены этому такие металлы, как железо, никель, кобальт и гадолиний. Хорошо намагничиваются 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. Слово магнетизм происходит от названия горы Магнезии в Малой Азии. Здесь существовало богатое месторождение магнитного железняка. Практическое применение магнетизма получил значительно раньше, чем началось его научное исследование. Мореходы издавна пользовались компасом с магнитной стрелкой.

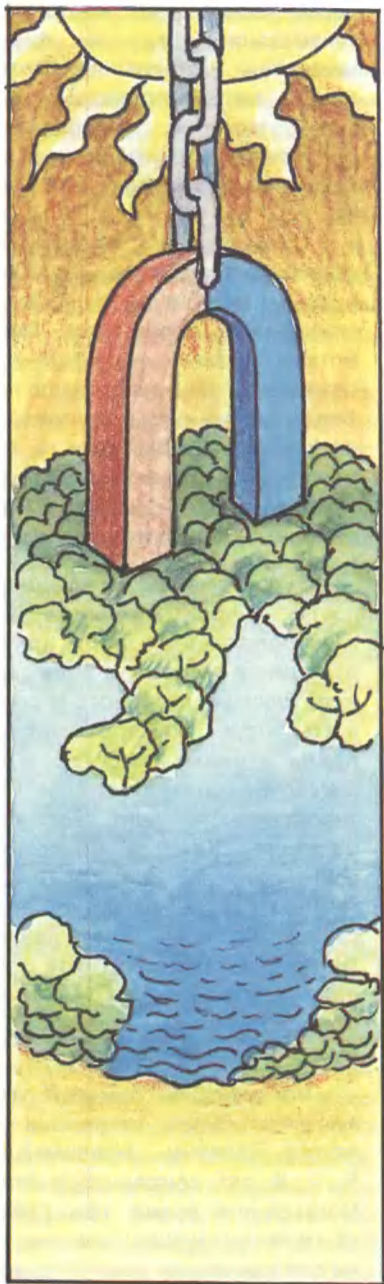
Явление магнетизма с давних пор вызывает интерес. В старинной книге "Зрелище природы

и художеств" (1784 год) 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.

Научное изучение магнетизма началось с изготовления магнитов. В 1755 году швейцарский ювелир Дитрих впервые изготовил подковообразный магнит. Электромагнит с железным сердечником изобрел в 1823 году самоучка, сын английского сапожника Стерджен. Его магнит состоял из одного слоя голого медного провода, навитого на лакированный железный сердечник. Американец Генри усовершенствовал электромагнит, навив на железный сердечник провод в несколько слоев. Генри изолировал сами провода вместо того, чтобы лакировать сердечник. Навивая на каркас все больше слоев проволоки, Генри делал более мощные электромагниты. В 1831 году он изготовил электромагнит, который мог поднимать 300 килограммов. Широкое практическое применение электромагниты нашли в XX веке. Размеры их, вернее сила притяжения, постоянно увеличивались.

Явление магнетизма широко используется в современной технике, в первую очередь в электротехнике, радиотехнике, при-



боростроении, автоматике и телемеханике, где из ферромагнитных материалов изготавливают магнитопроводы генераторов, моторов, трансформаторов, реле, магнитных усилителей, элементов магнитной записи.

Современная металлургия производит самые 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).

В современной промышленности широко используются электромагнитные плиты для перемещения металла в виде слитков, блюмов, чугунного и стального литья. Электромагнитные плиты надежно работают и при перевозке горячего металла. Грузоподъемность плит достигает 65 тонн. Каждый килограмм современного сверхпроводящего магнита создает магнитное поле, равное по силе полю двадцатитонного электромагнита с железным сердечником. Создание сверхустойчивых магнитов — важнейшая задача физиков.

Магнитными "руками" пользуются в самых различных областях техники. Например, в 5 — 8 раз сокращается вспомогательное время при работе на металлорежущих станках, если для крепления деталей вместо

тисков использовать магнитные плиты и патроны.

Но в технике нередко используются детали приборов, изготовленные из немагнитного материала. Ранее для этой цели применяли цветные металлы — латунь, бронзу. Известно, что железо утрачивает магнитные свойства лишь выше точки Кюри (770°C). Это явление открыл Гильберт в 1600 году, обнаружив утрату магнитных свойств у стали при температуре красного каления.

Лишь в 1924 году в Англии был запатентован немагнитный чугун. В США его производили под названием "Номаг" и он явился ценным электротехническим материалом. Сплав имел высокое содержание никеля и марганца и был очень дорог.

Инженер И.А.Одинг, впоследствии академик (завод "Электросила"), в 1930 году запатентовал немагнитный чугун с пониженным содержанием никеля и марганца. Но из-за снижения содержания марганца для получения немагнитных изделий приходилось подвергать их закалке в воде при температуре свыше 1000°C . Усложнение технологии мешало распространению нового чугуна. В результате исследований в одном из институтов нашли оптимальный состав немагнитного чугуна без никеля. Чугун получали простым и дешевым способом.

В 20-х годах XX века была получена немагнитная сталь. Тео-

ретически чистое железо при температуре свыше 910°C перестает быть магнитным. Это связано с переходом железа в состояние гамма-железа. Присутствие углерода ускоряет этот переход и при содержании его в железе около 1 % получается сталь, которая теряет свои магнитные свойства при 700°C . Если добавить в сплав третий элемент, способный составить 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 изготавливают каркас, в котором размещаются индуктор и тигель.

РЖА ЕСТЬ ЖЕЛЕЗО

Так народная пословица кратко определила еще одно свойство железа.

Коррозия — это самопроизвольное разрушение металла, вызываемое химическими или электрохимическими процессами, развивающимися на его поверхности при взаимодействии с внешней средой. Коррозия металла становится причиной досрочного вывода из строя деталей, оборудования и целых сооружений. Известно, что ежегодно вследствие коррозии в мире выбывают из фонда годного миллионы тонн проката черных металлов. В результате значи-

тельно сокращается срок эксплуатации оборудования.

Люди издавна интересовались вопросами защиты металла от коррозии. Древнегреческий историк Геродот (V век до н.э.) и древнеримский ученый Плиний Старший (I век н.э.) упоминают о применении олова для защиты железа от ржавчины. Средневековые алхимики мечтали о получении нержавеющей стали.

Защита металла от коррозии сейчас осуществляется различными способами: снижением агрессивности коррозионной среды; повышением коррозионной стойкости металла путем его легирования; нанесением на поверхность металла различных защитных пленок, лаков, красок, эмалей. Ученые создали новое стеклокристаллическое покрытие, которое отличалось стойкостью и способностью работать при более высокой, чем металлы, температуре.

Агрессивные химические вещества быстро разрушают лопасти смесителей, создающих однородную среду в реакционных емкостях. Польские специалисты разработали способ, предохраняющий лопасти от износа. Очищенную деталь помещают в литейную форму, а затем заливают жидким металлом с высоким сопротивлением к коррозии и истиранию. Образовавшаяся твердая скорлупа надежно предохраняет мягкий металл лопасти от повреждений. Этот слой значительно увеличивает срок

службы смесителей, тем более что отработавшую скорлупу можно заменить новой.

Большим достижением металлургов в защите от коррозии явилось создание коррозионно-стойкой стали. В результате снижения содержания углерода в нержавеющей стали до 0,1 % стало возможным изготовление из нее листового проката. В 1923 году получили наиболее типичную нержавеющую сталь — хромоникелевую марки 18-8 (18 % хрома и 8 % никеля).

Первые тонны нержавеющей стали в нашей стране выплавляли в 1924 году в Златоусте. Через несколько лет выплавляли уже десятки тонн стали. Была сделана попытка выплавить коррозионно-стойкую сталь в мартеновской печи.

Коллективом лаборатории качественных сталей ЦНИИчермета им. Бардина создан большой ассортимент коррозионно-стойких сталей. Это и сплавы на железохромоникелевой основе, и особо коррозионно-стойкие никелевые, легированные молибденом и вольфрамом. Листам и пруткам из нержавеющей экономичной стали и никель-хромомолибденового коррозионно-стойкого сплава, созданным в институте, на металлургическом заводе "Электросталь", металлургическом комбинате "Запорожсталь" и Ашинском металлургическом заводе, присвоен государственный Знак качества.

Технический способ получе-

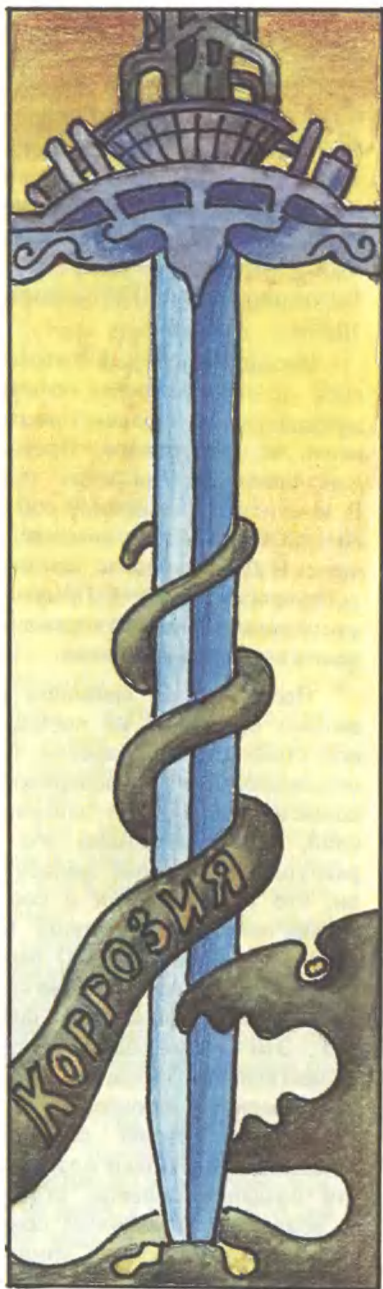
ния нержавеющей стали из ... старых автомобилей предложили специалисты Комиссии по атомной энергии США, где ежегодно скапливаются горы автомобильного металлолома. К металлолому добавляют оксид железа и никель, затем смесь нагревают в атмосфере аргона до температуры 1650°C в течение одного часа. За это время смесь плавится, 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 добавляют хром. В результате получается 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 выпущены автобусы, многие элементы кузова которых сделаны из нержавеющей стали. Используется эта сталь и в быту. Так, шведские специалисты создали "слоеную посуду". У кастрюли тройные стенки: слой меди, алюминия и нержавеющей стали. В такой посуде кушанье быстро разогревается, не подгорает и ей нет износа. Отменные качества изделия объясняются свойствами этих металлов. Медь быстро нагревается, алюминий нагревается равномерно, с нержавеющей стали легко счищается любой нагар.

Двенадцать турбин для Асуана построил Ленинградский металлургический завод им. Кирова. Впервые в истории мирового гидротурбиностроения рабочие колеса турбин мощностью по 175 тысяч кВт каждое в соответствии со специфическими условиями эксплуатации были выполнены из нержавеющей стали.

А почему с коррозией надо только бороться? Нельзя ли ее привлечь на службу человека, например электрохимическую реакцию, которая так беспощадно "съедает" металл? Так родилась электрохимическая размерная обработка. В специально подобранном электролите ток энергично растворяет металл. Вместо резца используется направленное электрическое поле. Задача, как у скульптора, — убрать все лишнее. За короткое время на наших глазах возникает профиль детали. Причем чистота обработки очень высокая, скорости в 5 — 15 раз быстрее резания.

В технике нашла применение и сама ржавчина, как защитное средство. Например, освоена выплавка низколегированных сталей с малым содержанием никеля, хрома и меди. Подобная сталь быстро ржавеет, но под слоем опавшей ржавчины остается плотная черная пленка, которая крепко сцепляется с металлом и практически полностью защищает его от дальнейшей коррозии. Время, необходимое для образования защитного слоя, колеблется от двух до



четырёх лет. После этого скорость коррозии уменьшается и составляет от 2 до 35 микронов в год в зависимости от условий.

В обычных условиях лист из такой стали проржавел бы лишь на... 0,3 миллиметра. Из такой стали построено уже несколько мостов. Можно строить мачты высоковольтных ЛЭП, дымовые трубы.

Исследователи давно стремились к тому, чтобы сделать металлические сплавы пассивными к разрушению. Пройден еще один шаг на этом пути. В Институте физической химии АН СССР доктор химических наук Н.Д.Томашев и кандидат технических 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, платина) 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 и нефтяной промышленности.

МИР СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Сталь — сплав железа с другими элементами: углеродом, кремнием, марганцем, серой, 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.

Французский ученый Реомюр в 1722 году 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. Лишь в 1814 году немецкий исследователь 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 века выработалось в основном верное представление о железе и его сплавах.

Появление в XIX веке новых областей применения металла — машиностроения, железнодоро-

рожного строительства — требовало более точных представлений о качестве металла. Для этого определяли химический состав железных руд, шлаков и различных железоуглеродистых сплавов. Постепенно выявилось более точное влияние на углеродистое железо примесей — кремния, марганца, серы, фосфора.

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 добавками 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. Известно более 8 тысяч сплавов, обработка которых дает десятки тысяч марок сталей различного назначения. Созданы самые удивительные марки стали: "деревянная", свинцовистая, алмазная и мягкая, графитизированная, платинистая и серебряная. О некоторых из них мы расскажем.

В старину пытались получать стали с добавками благородных металлов. Так, в 1825 году в России были описаны опыты на

Гороблагодатских казенных заводах по сплавлению стали с платиной. 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 сложения. 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 лучшие результаты. Например, в сплаве платинит нет платины (содержится 48 % никеля, 0,15 % углерода, остальное железо). Сплав имеет такой же коэффициент теплового расширения, как и у стекла, поэтому применяется для замены платиновых вводов в электролампах. Сплав ковар (29 % никеля, 18 % кобальта) имеет коэффициент линейного расширения такой же, как у молибденового стекла, и предназначается для спайки с этими стеклами, давая прочное и совершенно газонепроницаемое соединение.

В 1927 году в Берлине на выставке показывали небольшую кастрюльку с двумя ручками из разных металлов. В ней кипела вода и одна из ручек, сделанная из железа, была горячая, другая теплая. Ручка была

сделана из так называемой деревянной стали, в состав которой входили 35 % никеля, 1 % хрома и 64 % железа. Называлась она так потому, что по теплопроводности была подобна дереву. Она 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 был швейцарский физик и метролог, ставший затем директором Международного бюро мер и весов, профессор Гийом. В 1898 году он определил зависимость физических свойств стали от содержания в ней никеля. Оказалось, что сталь, содержащая более 25 % никеля, при нагревании теряет магнитные свойства; сталь, содержащая 36 % никеля, отличается самым малым коэффициентом линейного расширения (в 10 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 $+100^{\circ}\text{C}$ тепловое расширение инвара близко к нулю. Впервые сплав применили для изготовления эталона длины дуги земного меридиана на архипелаге Шпицберген, определенной русско-шведской экспедицией в 1899 году. Несмотря на значительное изменение температуры воздуха, при этих измерениях, длина линеек

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 изготовляют также вставки для разрезных алюминиевых поршней, чтобы уменьшить их тепловое расширение и устранить заедание в цилиндре во время работы двигателя.

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

Стали с новыми свойствами создаются чаще при комплексном использовании нескольких элементов. Использование редкоземельных элементов в сталях специалисты считают самым выдающимся успехом в сталеварении за последние полвека.

Для создания новых марок сталей используют, например, азот. Газы в металле — всегда нежелательная примесь, снижающая качество металла. А вот в Институте электросварки им. Е.О.Патона АН УССР в плазменную печь, где расплавляется металл, специально нагнетается азот. После охлаждения получается сталь, о которой давно мечтали машиностроители: жаро-

прочная, устойчивая к воздействию кислот и щелочей. Азот превращается в полезный элемент: за счет образования нитридов ванадия, титана, молибдена идет измельчение зерна. Применение азота позволило сократить добавки никеля и совсем не использовать ферросплавы.

Японским специалистам 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°C. Затем сплав очень быстро охлаждают, подвергая вращению со скоростью 5 тысяч оборотов в минуту. Такая сталь 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.

Специалисты Института прецизионных сплавов ЦНИИчермета занимаются разработкой способов превращения металла в "металлическое стекло". Принцип получения металла со "стеклообразной" структурой таков: заставить расплавленный металл затвердеть с такой скоростью, чтобы не успела сформироваться кристаллическая решетка. Для этого струя расплавленного металла через профильную форсунку "выстреливается" на холодную движущуюся поверхность.

Затвердевший металл расплющивается и сматывается серебристой лентой на катушку.

Структура "металлического стекла" предопределяет уникальное свойство этого материала, названного аморфным прецизионным сплавом. В обычной стали уязвимым местом являются границы между зернами. Именно здесь появляются тонкие трещины, развивается коррозия. Поскольку у нового материала нет кристаллической решетки, он в десятки раз прочнее традиционной стали, обладает повышенной устойчивостью к коррозии, легко поддается намагничиванию. Металлическое стекло незаметно для изготовления приборов, работающих в агрессивных средах, при низких температурах или высоких механических нагрузках.

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

Большой интерес представляет сплав никеля с титаном — нитинол. При проведении опытов с этим металлом было за-



мечено, что он обладает способностью "запоминать". Нагревая нитинол, придавали ему определенную форму, затем охлаждали и сплющивали. Потом снова нагревали. И сплав принимал свою первоначальную форму, с высокой точностью повторяя все изгибы и закругления, полученные при первом нагреве.

Запоминающие сплавы — теперь не сенсация, с ними работают, изучают их новые свойства. Исследования показали, 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 металлы воспринимают и прочно "запоминают" нагрузки, "перенесенные" ими при очень высокой температуре.

Попутно исследуются возможные сферы инженерного применения этого необычного свойства. Представьте конструкцию, которая способна собирать самое себя. Антенну для космической станции размером в десятки метров можно упаковать, к примеру, в небольшой контейнер и доставить на орбиту. Достаточно затем прогреть багаж электрическим током или солнечными лучами, и начинается самосборка. С помощью охлаждения антенну можно снова упаковать.

В наш век повсеместной механизации и автоматизации основным материалом для механизмов остается сталь. А движущиеся металлические части —

это неизбежный шум, вибрации. Для борьбы с первопричиной шума ищут новые материалы. Стальной сплав, обладающий свойством гасить колебания и превращать их в тепловую энергию, а также в значительной степени свободный от резонанса, получен на заводе японского концерна "Ниппон Кокан". В состав сплава входит 12 % хрома, причем сплав подвергается специальной термообработке. Перспективы у "тихой" стали большие. Это производство станков, локомотивов, различных крышек и клапанов, головок цилиндров, некоторых приборов. Детали из нее создают меньше шума и обладают большим сопротивлением усталости.

Оригинальную марку "мягкой" стали создали челябинские специалисты. 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, служба инструмента увеличивается.

Прозрачную нержавеющую сталь выпускают 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 дном из такой стали, приспособленных для перевозки порошкообразных материалов, значительно упростится. Новинку можно использовать в строительстве и для декоративной отделки.

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 на 100 МПа) и при глубоком вакууме, когда давление близко к нулю (в электронных приборах давление до 0,000133 Па). 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 весьма высоких температурах и больших нагрузках. Теперь такие стали и сплавы есть!

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 веке до н.э. железо 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 веке до н.э.

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

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

Английский мореплаватель XVIII века 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 у себя два гвоздя, получал за них довольно значительный доход. Он ссужал эти гвозди для пробития отверстий в тех случаях, когда другим способом сделать это не удавалось.

В конце XVIII века русский просветитель В. Певшин писал в своем “Словаре коммерческом”: “Если бы цена вещей определялась по их полезности, железо должно бы считаться быть драгоценнейшим из металлов, нет художества, ни ремесла, в котором не было бы оно необходимо, и надобно бы целые книги наполнить одним описанием таковых вещей”.

ПОЧЕТНАЯ ПРОФЕССИЯ

Одна старинная легенда рассказывает о таком случае. Царь Соломон по окончании строительства иерусалимского храма (X век до н.э.) задумал прославить лучших строителей и пригласил 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.

Сидящий обратился к плотнику, столяру:

— Кто вам 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.

Убежденный доводами кузнеца, царь обратился к присутствующим:

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

Но так было не только в легенде.

В старину кузнец, он же металлург, при сыродутном процессе получал железо и превращал его в изделие. Людей поражало, что кузнец делал ценные вещи 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. Немецкий этнограф Ю.Липс сообщает, что даже царям африканских государств южнее Сахары часто было совершенно необходимо знать кузнечное дело. В средние 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 тот человек, среди предков которого уже были кузнецы. Обыкновенный человек не мог так просто взяться за это священное ремесло. О происхождении этого занятия рассказывает древний бурятский миф. В нем говорится о тяжелых временах, когда человечество, еще не зная железа, влачило жалкое существование. Но вот однажды тенгри, или добрые духи, решили послать на землю бога

Божинтая и его девять сыновей, чтобы те научили людей священному ремеслу. Бог вскоре вернулся на небо, а его сыновья женились на дочерях человека, и их первые ученики стали предками всех кузнецов. У бурят кузнецы принадлежали к высшему классу общества, их освобождали от уплаты налогов и считали как бы сродни богам. У монголов дархаты — это кузнецы в звании, соответствующем рыцарскому.

Интересно отметить, что единственным "рабочим" среди богов различных религий был бог-кузнец: Гефест — у греков, Вулкан — у римлян, Сварог — у славян.

Заглянем в "личное дело" наиболее известного из этих богов — Гефеста. Бог огня и покровитель кузнечного ремесла Гефест вошел в высший сонм двенадцати главных богов греческого Олимпа. Имел он знатное происхождение: сын Зевса и Геры, верховных богов греков.

Гефест всегда изображался могучим кузнецом с молотом или клещами в руках, в хитоне ремесленника с открытой правой рукой и плечом. В отличие от других олимпийских богов он не проводил время в пирах и праздности, а работал в своей полной чудес кузнице. Посредине мастерской стояла огромная наковальня, в углу горн с пылающим огнем и чудесными мехами, которые повиновались слову бога-кузнеца. Черный от угольной пыли и копоти трудился бог-кузнец в своей кузнице.

С помощью могучих помощников циклопов Гефест ковал молнии для громовержца Зевса, воздвиг на Олимпе дворец для богов, изготовил для Зевса щит-эгиду, колесницу для солнечного бога Гелиоса, ковал несокрушимое оружие для богов и некоторых избранных смертных, например для грозного Ахилла, героя Троянской войны. Он же выковывал и замечательные по красоте изделия — драгоценные украшения, чаши и кубки. В Афинах в честь Гефеста ремесленники устраивали даже осо-



бый праздник кузнецов, совершая бег с факелами.

И вот однажды титан Прометей, великий благодетель человечества по греческому мифу, тайком пробрался в жилище Гефеста, похитил у него огненное ремесло кузнеца и передал его человеку. Жизнь людей намного облегчилась, но Прометей был наказан богами за похищение огня.

В этом мифе отразилось отношение людей к замечательной профессии кузнеца. Так было в древности. А как относились к этой профессии позже?

В средневековой Европе кузнец тоже пользовался большим почетом.

В Англии, в период роста железоделательного производства, многие удачливые кузнецы богатели и становились даже лордами. Родоначальник одной такой династии заводчиков Фуллер на своем дворянском гербе изобразил кузнечные клещи, а девизом избрал слова: "Углем и щипцами".

"Чтобы стать кузнецом, надо ковать", — говорят французы. Этому надо учиться. Вот, что об этой профессии писали в старинной книге "Зрелище природы и художеств" (1788 год): "Ни которой художник (ремесленник — *Н.М.*) столько в обществе человеческом не нужен, как кузнец. Полезному сему рукоделию учащиеся выучиваются за плату в два года; а без платы должен работать на мастера четыре или пять лет. Во многих местах за довольный знак искусства в кузнечестве приемлется, ежели кузнец скует хорошо две подковы, навозные вилы и топор".

В наше время кузнец работает 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 такой профессии? В народе говорят: "Хороший кузнец и муравья подку-

ет". И верно. Один тульский умелец имел присловье "Железо ломать — ума не надобно", 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 гарового молота мог закрыть крышку карманных часов, лежавших на наковальне.

В наши дни приходится работать на невиданном в старые времена кузнечном оборудовании. Краматорские кузнецы на исполинском, высотой с четырехэтажный дом ковочном прессе отковали, например, многотонные гребные валы для атомхода "Ленин". Громадные стальные слитки превращаются в валы турбин для Волжской, Братской, Вилуйской, Красноярской и других ГЭС.

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

ЖЕЛЕЗНАЯ КОЛОННА В ДЕЛИ

Среднеазиатский ученый из Хорезма Бируни закончил в 1048 году свой большой труд "Минералогия, или собрание сведений для познания драгоценностей". В 1963 году книга была впервые опубликована полностью на русском языке. В ней есть интересная глава "О железе", в которой Буруни с удивлением сообщает:

"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 расспрашивать о нем, и ему сообщили, что один Тубба из Йемена вступил в их страну вместе с

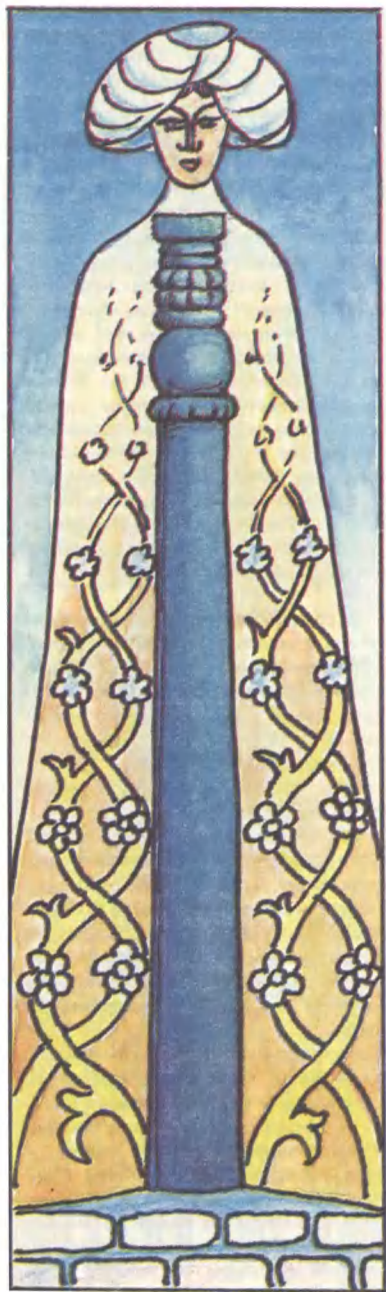
персами, и когда они овладели Индией, то йеменцы отлили из своих мечей этот столб и сказали: "Мы не хотим идти отсюда дальше в другую страну", — и завладели Синдом. И говорят: "Это слова тех, кто ничего не понимает в деле обработки металлов и изготовления крупных отливок из него". Это даже глупость, ибо тот, кто нуждается во время завоевания страны в увеличении количества оружия, не стал бы уменьшать его 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 наковальне величиной 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 году в честь царя Чандрагупты II. Первоначально она находилась на востоке страны, была увенчана изображением священной птицы Гаруды и стояла перед храмом. В 1050 году царь Ананг Пола перевез ее в Дели. Теперь она стоит на одной из площадей индийской столицы. Темная поверхность колонны на высоте чело-



веческого роста блесит. 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 тонн, высота ее более 7 метров, диаметр у основания — около 42 сантиметров, у верха — до 30 сантиметров. Она изготовлена почти из чистого металла (99,72 % железа) и содержит лишь незначительные примеси углерода, серы и фосфора. Этим и объясняется ее долговечность и антикоррозионность. Однако в наши дни ядовитые вещества и кислоты, содержащиеся в воздухе, "вгрызаются" в старинные дворцы, соборы, статуи. Пятна ржавчины стали появляться и на знаменитой железной колонне в Дели — впервые за многие века ее существования.

Древняя Индия славилась искусством своих металлургов. О выплавке железа в Индии говорится в Риг-ведах — священных книгах, относящихся примерно к XIII — XII векам 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. Строители храма Солнца в Канараке сделали железный каркас здания. Плиты стен храма скреплены железными прутьями и клиньями, потолок основного зала держится на металлических балках длиной 10 метров и в поперечнике 20 сантиметров. Одни из них кованые, другие сварены холодным способом из широких железных полос.

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 настолько была известна на Востоке своими изделиями из стали, что у персов в разговоре о чем-нибудь излишнем и ненужном

бытовала поговорка: "В Индию сталь возить".

Известен памятник иранской архитектуры XIV века — купольный мавзолей — 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 нержавеющей сталь, и железо такой чистоты, какой не знали древние металлурги. И все-таки искусство старинных мастеров достойно восхищения.

По вопросу о способе изготовления замечательной колонны до сих пор нет единого мнения. Некоторые авторы заявляют, что она была отлита — это менее всего вероятно. Другие считают, что при выплавке "на глазок", как это бывало в древности, возможны очень большие отклонения в качестве металла. Вот, дескать, одним из таких исключений и могла быть колонна. Третьи предполагают, что колонна изготовлена методом сварки отдельных криц массой по 36 килограммов и последующей их проковки.

По мнению одного специалиста, 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 мето-

дом 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 Ричардом Львиное Сердце. Во время состязания Ричард мечом разрубил на две части копье 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. 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 килограмма — по тому времени величина изрядная, достойная 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 сантиметра, толщиной 0,25 сантиметра и массой около 900 граммов. 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 Эдриз в 1154 году писал, что индийцы в то время славились производством стали и выковкой мечей. За сотню лет до этого Бируни, описывая производство ста-

ли и мечей, восклицал: "Никогда не будет народа, который лучше бы разбирался в отдельных видах мечей и в их названиях, чем жители Индии!" И далее он рассказывает, что мечи в Индии делали всяких цветов: зеленые (отполированное железо натирали раскаленным порошком медного купороса), синие, белые, цвета фиринда или фаранда (шелковая узорчатая ткань), то есть с узорчатым рисунком из 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 видны 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 только лишь 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 оружия из индийского вутца. Мечи из Дамаска в середине века попадали даже в африканские государства Гану, Мали и другие. Название "дамасская сталь" позже была собирательным понятием булатной стали, изготовлявшейся в разных странах.

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

Знакомство европейцев с булатом началось еще в эпоху римского владычества — около 2 тысяч лет назад. Позднее славу булатного оружия разнесли купцы, приобретающие

его в Дамаске и развозившие по многим странам. С начала III века способковки 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 документы, подтверждающие, что в Москве существовало производство булатов. Так, в 1616 году оружейный мастер Дмитрий Коновалов выковал зеркало из булата. Вряде документов встречаются записи: "... сабельные полосы, булат синей, московский выков", "сабля полоса русская с долами на булатное дело". Однако к концу XVII века 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.Верецагин, отвечая на этот вопрос, приводит пример с загадкой дамасской стали. Как удавалось 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 осмысленно, не понято людьми, принадлежит им только наполовину. Человеку выпала большая удача — он нашел самородок золота. Нашел случайно. Он поразился увесистой находке, подержал ее в руках, спрятал под костюм в надежде вернуться сюда, а потом сколько ни искал, уже не мог ее найти. Примерно тоже случилось и с дамасской сталью. Случай дал ее в руки человеку, случай и отнял".

Несмотря на утрату секрета, интерес людей к булатной стали не пропадал. В прошлом веке ученые многих стран пытались разгадать тайну булата. Среди них был и зна-

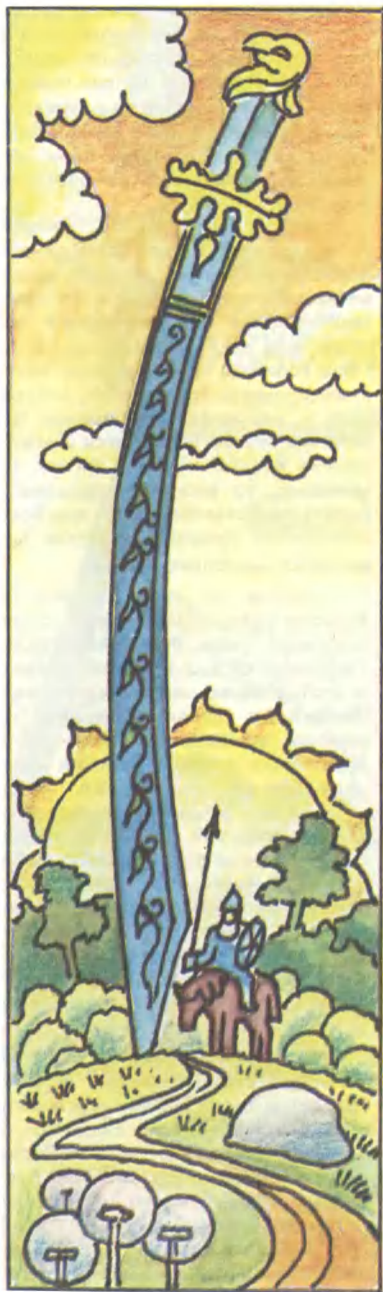
менитый английский физик Фарадей, пытавшийся получать булат путем добавки к стали алюминия и платины.

Однако тайну булатной стали раскрыл русский металлург Павел Петрович Аносов. После многолетних опытов он в 1833 году изготовил в Златоусте первый булатный клинок. "Полоска булата сгибалась без малейшего повреждения, издавала чистый и высокий звон. Отполированный конец крошил лучшие английские зубила", — 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 бились 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 (около 1,3 — 1,5 %). В условиях медленного охлаждения образовалось 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 во взвешенном состоянии. Прослойки цементита обволакивались медленно остывающим мягким железом. Поэтому при высоком содержании углерода, что придает металлу твердость, булат сохраняет высокую вязкость, упругость. Из-за наличия прослоек хрупкого цементита отковка булата должна производиться крайне



осторожно, ударами легкого молота, с многократным нагревом до температуры красного каления, переход за которую ведет к потере 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 переделки цементованных кусков железа в тиглях. Цементация, то есть науглероживание железа, представляла собой еще более длительный процесс, а 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 плавления 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 нетер-

пеливого читателя: какова судьба булата?

В 60-е годы нашего века производство булатной стали освоили на Златоустовском заводе. Современная техника нашла много способов получения самых разнообразных сплавов с различными свойствами, которыми не обладала булатная сталь. Однако для специалистов и сегодня булат остается примером редкого сочетания двух почти несовместимых свойств — высокой прочности и пластичности. Не угас интерес к восстановлению особенностей технологии производства булатных изделий и выяснения возможности использования ее в современной металлургии.

На основе этих исследований в Советском Союзе была создана карбонитридная строительная сталь. Авторы технологии были удостоены Государственной премии СССР. В разработке участвовали ученые УралНИИчермета, ЦНИИчермета им. Бардина и другие.

Древние создатели булата сумели "загнать" карбиды с границ зерен в глубь кристаллов и таким образом сохранить и прочность, и вязкость достаточно высокими. В наших условиях для обеспечения подобных свойств получают сталь с добавкой 0,15 % ванадия, который образует в стали стойкие химические соединения с углеродом и азотом — карбиды и нитриды. Затем сталь подвергают нормализации — нагреву с последующим охлаждением на воздухе. При этом режим подобран таким образом, что одна часть карбонитридов при нагреве растворяется в кристаллической решетке железа и после охлаждения остается там в виде мельчайших частиц. Более крупные карбонитриды при нагреве располагаются по границам зерен, сдерживая их рост, но при охлаждении освобождают границы и также уходят внутрь кристалла. В итоге получается сталь с весьма мелкозернистой структурой, а значит высокой прочностью и вязкостью, как у булата.

УРАЛЬСКАЯ МАРКА

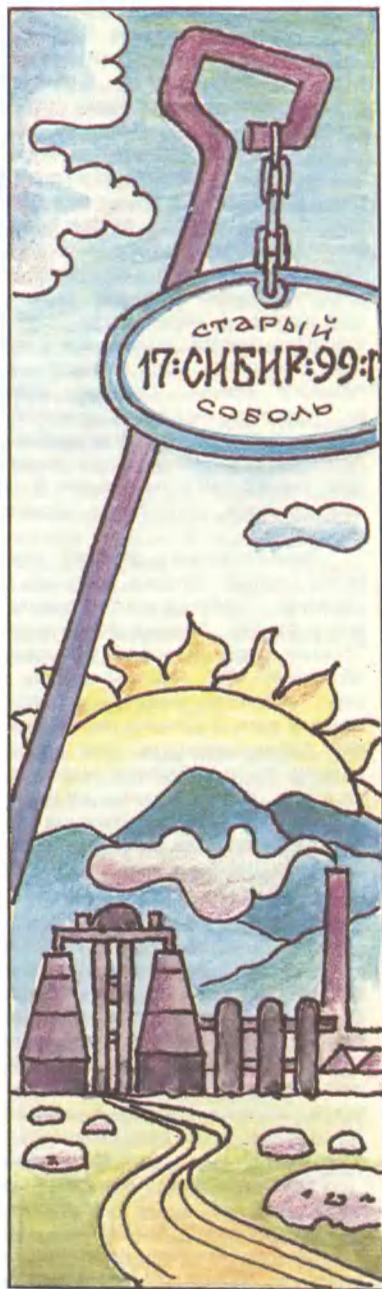
Верхотурский воевода Протасьев 23 января 1697 года доложил в Москву, что в горе у берегов реки Тагил найден железный камень-магнит, а по берегам реки Нейвы — железные руды. Образец магнитного железняка направили для пробы в Амстердам. Оттуда получили ответ, что “лучше того железа добротой и мягкостью того невозможно”. Найденные месторождения послужили рудной базой для первых уральских железоделательных заводов.

В 1701 году на Урале были пущены два завода — Каменский и Невьянский. Один из крупнейших заводов Урала появился в Нижнем Тагиле, где в 1725 году построили плотину и две доменные печи. Позднее появились еще две доменные печи, два молота и плющильная машина. Суточная производительность одной доменной печи в 1727 году составляла 250 — 400 пудов, а годовая — около 120 тысяч пудов.

Академик С.Г.Струмилин писал позже о Нижнетагильском заводе: “Завод оказался самым крупным и жизнеспособным наследием той эпохи. В преображенном 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 уральский металл ставили заводское клеймо, на котором был изображен маленький бегущий соболек. Металл с маркой “Старый соболек” выплавлялся из чистых, без вредных примесей уральских руд на древесном угле, не засорявшем металл примесями, и был известен всему миру. Аносов в своем производстве булатной стали использовал тагильское железо, ибо в его процессе успех дела состоял прежде



всего в "чистоте исходных материалов". Уральский металл был таким "добрым" и "мягким", что его сравнивали с собольим мехом, а 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 затянuty 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 склеивания. 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 года английская газета "Морнинг пост", — ...играет важную роль в истории нашей народной промышленности; оно впервые введено было в Великобританию для передела в сталь в начале XVIII столетия, когда сталелитейное наше производство едва начало развиваться. Демидовское железо много способствовало к основанию знаменитых шепфилдских изделий".

Марка "Старый соболь" особенно славилась в XVIII веке — 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 века здесь производилось до двух третей всего металла в стране.

Немалую долю в вывозе русского металла в Англию занимало уральское железо. Английская металлургия в то же 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 века Нижнетагильский завод вырабатывал ежегодно до 280 тысяч пудов металла, который почти полностью отправляли в Англию.

Уральские заводы XVIII века и в техническом отношении стояли на первом месте в мире. В центральной России имелись еще заводы, получавшие железо устаревшим сыродутным способом. На Урале же получали железо только из чугуна — технически это был более совершенный способ.

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

Однако в XIX веке 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 года сохранялось крепостное право. Оно послужило 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 заграничных рынков сбыта железа, а внутренний спрос из-за экономической отсталости развивался слабо.

О положении в горной промышленности того времени сохранилось примечательное свидетельство современника. Корреспондент П.Крапивин с Урала писал в "Промышленном листке": "Отовсюду слышатся жалобы на дороговизну, а частью и на негодность продуктов нашей горно-заводской 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 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".

Новый рассвет уральской металлургии наступил только при Советской власти. Была осуществлена идея продвижения металлургии на Восток — создание здесь 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 Нижнетагильский (НТМК) и Магнитогорский (ММК) комбинаты.

В годы войны особенно сказались все преимущества создания этого металлургического центра. Ураль-

ские металлурги снабжали фронт металлом и боевыми машинами. В сложных 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 ММК из уральских бедных марганцевых руд. 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 свыше 6 тысяч заводов и строек нашей страны. Металл, раньше известный под маркой "Старый соболь", теперь с маркой НТМК и других заводов экспортируется во многие государства 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, чтобы 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, чтобы оное неподвижно было, и выдолбить в них дыры величиною против полос, и в тое дыру то железо просунуть, и обвести кругом столба трижды потом назад его от столба



отвесть, 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 клеймы полосного железа отнюдь чтоб не продавали”.

Это, пожалуй, самый первый документ об 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 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 Флорку 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.

В связи с развитием машиностроения в XIX веке к металлу предъявили строгие требования во всех областях техники. Появилась необходимость в разработке общепринятых методов испытания метал-

лов на прочность. С конца 50-х годов прошлого столетия начинают вводить систематические испытания прочностю металла на разрыв, твердость, затем испытания на повторную нагрузку, изгиб, удар. В 1852 году 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 десять лет спустя.

В России до XX века между потребителями металлических изделий и железоделательными заводами не было соглашений относительно сортов поставляемого металла. Каждый завод имел свой сортамент. Еще в 1885 году профессор Н.А. Белелюбский требовал установить единообразные размеры проката, но только в 1894 году Постоянная совещательная контора железоделательных заводов 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 материалов началось в 1884 году. Через три года 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 основной расчет деталей машин служили

показатели статических испытаний: пределы прочности, текучести 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 годах были введены такие понятия, как усталостная прочность, пределы усталости при изгибе, кручении и растяжении-сжатии, предел усталости при знакопеременной нагрузке, конструкционная прочность, 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 метров длиной, диаметром 1,5 — 2 метра и весом сотни тонн. Такие громадины не испытываешь. Их только рассчитывают. Ошибка не должно быть, чтобы не произошла авария. Вот почему инженеры стараются строить машины или сооружения понадежнее — берут запас в 10 — 12 раз больше расчетной прочности. Это ведет к огромным убыткам. Поэтому для испытания крупных изделий строят испытательные машины. Шведская разрывная машина "Амслер", созданная еще в первые десятилетия XX века, в новых моделях способна разорвать, как нитку, стальной стержень толщиной 60 — 80 миллиметров. Но с валом 300 миллиметров толщины ей не справиться. Нужны другие машины.

В Москве в Центральном научно-исследовательском институте технологии машиностроения построены уникальные установки. На них

можно проверять прочность балок толщиной 400 миллиметров, давать этим балкам статические, динамические нагрузки, определять предел 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 другие. Однако ученые пытаются постигнуть точные закономерности масштабного фактора. Вот тогда не понадобится ломать дорогие образцы, чтобы определить их прочность. Ответ дадут малые 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 штампом специалистов, разбирающихся во всех тонкостях производства. Контролер ОТК — еще одна металлургическая профессия. Задача контролера — 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 в старину все это началось с петровского указа.

ИСЧЕЗНУВШИЕ ПРОФЕССИИ

Перенесемся мысленно в Англию, лет на 100 — 150 назад. В то время она была наиболее промышленно развитой страной мира и занимала первое место по производству железа. Один французский автор с восторгом писал в 1833 году об английских достижениях в использовании железа:

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

недостатком 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, в 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 железоделательное производство графства Стаффордширского, 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 физический 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 на протяжении почти всего XIX столетия.

На подину пламенной печи загружались чушки чугуна, их расплавляли. По мере выгорания из металла углерода и других примесей температура плавления повышалась и из жидкого расплава начинали “вымораживаться” кристаллы доволно чистого железа. На подине печи собирался комок слипшейся

тестообразной массы. Рабочие-пудлинговщики приступали к операции накатывания крицы с помощью железного лома. Перемешивая ломом массу металла, они старались собрать вокруг лома комок или крицу железа. Такой комок имел массу до 50 — 80 килограммов и более. Крицу вытаскивали из печи и подавали сразу на молот — для проковки с целью удаления частиц шлака и уплотнения металла.

Обратимся к свидетельству современника—бельгийскому писателю Лемонье, описавшего в романе "Завод" (1886 год) тяжелую жизнь рабочих-металлургов.

"Хрипло дыша от напряжения и насады, ожесточенная толпа пудлинговщиков, пыльная и почерневшая от пламени печей, надрывала свои силы в тяжелой работе, от которой пот, точно слезы, струился длинными ручьями с измученных человеческих тел и стекал на утоптанную 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, напоминая 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 поясицы; 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 из пересохших ртов".

Не удивительно, что пудлинговые мастера не желали приучать своих детей к этой работе, которая делала человека неспособным к ней



около 45 — 50 лет жизни. И такая профессия сохранялась кое-где до начала XX века.

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 теперь помогают многие механизмы и автоматические устройства.

А что представляла собой прокатка сто лет назад? Н.И.Покровский, автор книги "Рудник и завод", изданной в 1864 году, 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 собственною 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.

В Шеффилде на заводе Д.Брауна и К^о 6 сентября 1867 года была прокатана толстая броневая плита массой около 300 тонн. "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 собой, несмотря на то, что все они были одеты с головы до ног в парусину, напитанную водой. После попеременной прокатки пакета взад и вперед, длившейся четверть часа, была получена удовлетворительная броневая плита толщиной в 15 дюймов. Эта громадная операция, кончившаяся так удачно, потребовала 200 человек рабочей силы..."

А теперь? Современный прокатный цех — весьма механизированный и автоматизированный участок на заводе. И пришедшего впервые на металлургический завод новичка 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 равномерно проходило обжатие металла. Так исчезла еще одна тяжелая профессия.

В старых доменных цехах самой распространенной профессией была тяжелая работа каталя. Сейчас металлургам, особенно молодым, надо объяснять о существовании такой профессии.

Доменная печь, даже небольшая по сравнению с современными гигантами, потребляла много угля, руды, известняка. Загружать все эти материалы в печь входило раньше в обязанности каталя. Изо дня в день таскал 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 Макеевском заводе, принадлежавшем французскому акционерному обществу:

"На работу каталя брали только сильных и выносливых. Не каждый может в течение смены нагрузить на "козу", перевезти и разгрузить около 2000 пудов железной руды... За 12 и более часов работы на заводе платили 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 — подъемными саморазгружающимися тележками-коробами. На новейших доменных печах для этого используется даже транспортная подача сыпучих материалов, например на Криворожском и Череповецком металлургических комбинатах.

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 руко-

яткой, висевшей на цепи. Иногда груз весил 40 — 60 пудов. Несколько рабочих-садчиков налегали на ручку грузовой лопаты и под "Дубинушку" толкали ее в печь, переворачивая. А теперь в мартеновском цехе эту работу выполняет мощная машина,двигающаяся по железнодорожной колее шириной в 8224 миллиметров. Такая завалочная машина может подать за один прием более 10 тонн лома!

Так, на примере этих четырех исчезнувших профессий — пудлинговщика, кантовщика, каталя, садчика — можно представить наглядно изменения, внесенные техническим прогрессом в металлургические цехи.

За годы Советской власти в черной металлургии ликвидированы многие профессии тяжелого физического труда: катали, колошниковые, чугуничики, 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.

ЖЕЛЕЗНАЯ МОЗАИКА

"В НАРОДЕ БЕЗ ЖЕЛЕЗА,
КАК ПРИ ОБЕДЕ БЕЗ СОЛИ"

Такими словами начинается записка Герасима Раевского, поданная Петру I в 1714 году. 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 пого-

ворках 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 пробыет" (азербайджанская).

"Крепок, как стальной меч" (японская).

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

Сколько не бей по железу, ему все нипочем" (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 железо, а неправда в человеке не утаится" (русская).

"Береги железо от ржавчины, а одежду от моли" (азербайджанская).

"Коль меч не чистить, на нем ржа появится" (тамилская).

"Пока железо в работе, его ржа не берет" (азербайджанская).

Без руки хозяйской и железо чахнет. Это подтверждают два старинных афоризма: *"Жизнь человеческая подобна железу. Если употреблять его в дело, оно истирается, 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).

Железо железу рознь. Эта мысль

о разном назначении металла является также содержанием народных изречений.

"Железо и сталь выходят из одной печи: одно становится мечом, другое — подковой осла" (таджикская).

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

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

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

"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).

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 нравоучительный 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 раскалился" (татарская).

"Куй железо, пока горячо" (рус-

ская, болгарская, турецкая, киргизская).

"По мере того как куешь, становишься сам кузнецом" (французская).

"Куешь железо — не жалея угля; растишь сына — не жалея 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, есликовка плоха" (финская).

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

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

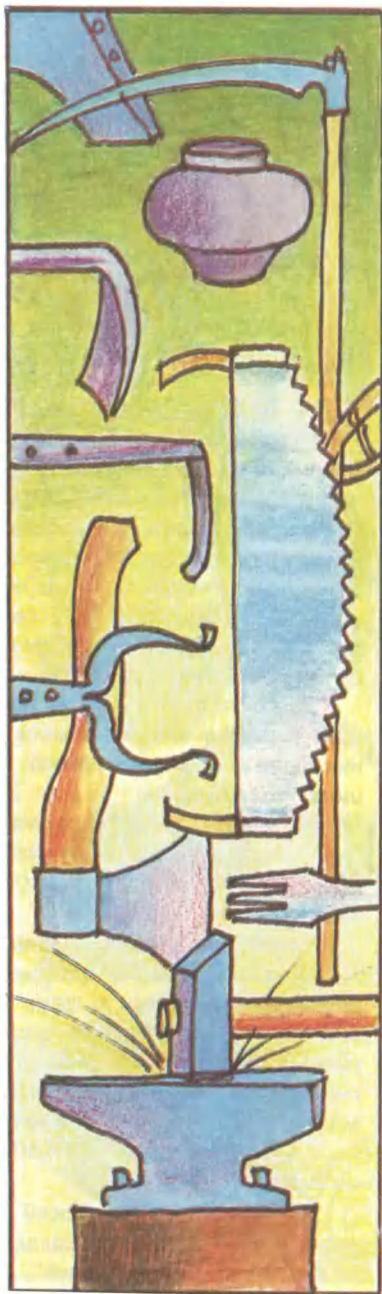
Некоторые поговорки имеют определенное историческое содержание. В древней Японии жил знаменитый оружейный мастер Масамуне. Мечи его работы ценились очень высоко. В разговоре о чем-нибудь нелепом японцы стали говорить: "Мечом, изготовленным Масамуне, резать редьку".

История болгарского города Самоков в середине века была тесно связана с производством железа. Тамошние кузнецы производили железо замечательного качества, и в Болгарии появилась поговорка:

"Чистая работа как самоковское железо".

Народные изречения всегда поражают богатством своего содержания. Юмор зачастую обогащает их содержание, что несколько смягчает назидательную направленность пословиц и поговорок.

"О потерянном топоре всегда



говорят, что он был сделан из хорошего железа" (корейская).

"Кто не пробовал людского кулака, свой считает железным" (азербайджанская).

"Заруби деревом на железе" (русская).

АЛМАЗЫ В ЖЕЛЕЗЕ

Парч и Хайдингер в 1846 году обнаружили небольшие кристаллы графиты в метеоритном железе из Венгрии. В 1882 году в том же метеорите А.Брезина нашел небольшие алмазы. Русские ученые М.В.Ерофеев и П.А.Лачинов в метеорите "Новый Урей", упавшем 4 сентября 1886 года, увидели также мельчайшие кристаллики алмаза. Рентгеновское просвечивание метеорита, упавшего в Индии в 1872 году, позволило обнаружить алмаз внутри "небесного камня".

Всего пять раз за всю историю "пришельцев из космоса" в них были обнаружены алмазы общим содержанием около 315 карат. Одни кристаллы наблюдались невооруженным глазом, другие различались только в микроскопе.

Советские ученые академик А.В.Виноградов и Г.П.Вдовыкин выдвинули гипотезу о двух вариантах происхождения метеоритных алмазов: в каменных метеоритах — при соударении астероидов в космосе, а в железных — при ударе метеорита о землю.

Известный французский химик Муассан, получив сведения о метеорите "Новый Урей", вы-

писал из России часть его. Проведенный анализ подтверждал присутствие в нем кристалликов алмаза. Это навело его на мысль, что образование алмаза из угля может происходить при очень быстром охлаждении и при высоком давлении. В 1890 году 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 отвердевании — внутри получалось огромное давление. Растворив чугун в кислоте, Муассан якобы обнаружил мелкие твердые кристаллики — искусственные алмазы. Однако его опыты никому повторить не удалось.

На объединенном заседании химического отделения и металлографической комиссии Русского технического общества 15 марта 1907 года Д.К.Чернов сделал сообщение "О кристалликах алмаза и карборунда в стали".

Еще в первые годы своей работы на Обуховском заводе Д.К.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 француз-

скому металловеду Осмонду с просьбой произвести тщательный химический анализ. В 1902 году Осмонд дал заключение, что это кристаллики карборунда.

Швейцарский ученый Франк, обнаруживший подобные включения много лет спустя после Чернова, принял их за выделения алмаза, очевидно, по аналогии с крупинками искусственных алмазов, полученных Муассаном при мгновенном затвердевании чугуна. В 1895 году Франк и Россель заявили, что как метеоритное железо, так и искусственно полученное железо и сталь содержат маленькие алмазы.

Открытие Черновым кристалликов карборунда в стальной болванке явилось весьма 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 году схеме затвердевания железоуглеродистых сплавов вновь подтвердил невозможность существования в закристаллизовавшейся стали свободного углерода в форме алмаза. Он доказал, что карбид железа, находящийся в твердом растворе, то есть в форме свободного углерода, легко разлагается с образованием графита.

В наше время синтетические алмазы получают иначе. Еще в 1939 году ленинградский физи-



ко-химик О.И.Лейпунский выяснил, что для превращения графита в алмаз в твердой фазе необходимы давление около 6000 МПа и температура 1700 — 1800°C. Он указал также на возможное образование алмаза и при несколько меньших давлениях, если использовать вещество с относительно невысокой температурой плавления и достаточной растворимостью углерода. В качестве одного из таких веществ называлось железо.

Теперь из графита в условиях высоких давлений и температур в мире ежегодно получают несколько миллионов карат синтетических алмазов. Новый материал используется для изготовления абразивного инструмента, а также в виде паст и порошков для доводочных и притирочных работ.

Используют алмазы и в металле. Если на зерна алмазного порошка нанесено карбидометаллическое покрытие, они приобретают повышенную прочность. Спаянные в агрегаты зерна благодаря ветвистому строению надежно удерживаются в связке шлифующего инструмента, сообщая ему высокую стойкость и работоспособность. Металлизированные агрегированные алмазные порошки используют для получения шлифовальных кругов на органической связке.

ЗОЛОТИСТЫЙ ЧУГУН

Имеет ли доменная печь какое-либо отношение, например, к до-

быче ... золота? Оказывается, имеет.

Русский металлург П.П.Аносов, который 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 мидасских промыслах работала золотопромысловая машина его конструкции. Исследуя существующие способы извлечения золота, он выяснил, что при промывке золотых песков добывали намного меньше золота, чем его содержалось фактически в песках.

Аносов поставил перед собой задачу — найти новые пути 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, растворяя металл в серной кислоте.

Способ был сначала проверен на плавке в небольших тиглях, а затем начали плавить пески в шахтной медеплавильной и в доменной печах. Опытные плавки дали неплохие результаты: 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 года. Первое сообщение о них он отправил в Петербург 20 марта. Обычно медлительная бюрократическая машина империи Николая I начала действовать в спешном порядке — ведь речь шла о золоте! Ученый Комитет 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".

Ученый комитет 28 апреля 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, доно-



ся почаще об успехах ваших действий”.

Летом в Екатеринбург приехал новый начальник заводов Уральского хребта генерал 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. 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, плавка велась 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 комиссий” и, несмотря на запрет Глинки, продолжал сам опыты. Ему снова удалось извлечь золото из чугуна и он послал его на Монетный двор. В декабре 1837 года директор Монетного двора сообщал, что получил от Аносова пять пакетов с золотом, извлеченным 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 не дали Аносову довести дело до конца.

ОПАСНЫЙ СПЛАВ

Доменный цех Челябинского металлургического комбината. Угазовой будки лежит более десятка образцов проб выплавляемого на печи ферросилиция — сплава кремния с железом. Горновой печи знакомит молодых выпускников техучилища с образцами.

— Из этого чугуна отливку не получишь и в сталь не переплавишь, — говорит он. — А для металлургии он нужен, как воздух для человека. Вот, к примеру, чтобы мартеновцам выплавить высококачественную сталь, надо добавить в нее наш ферросилиций, содержащий 10 — 14 % кремния. Добавляется его очень мало, в твердом виде. Служит он как приправа у хозяйки,

а для стали — раскислитель. Его плавят на ферросплавных заводах в специальных печах. Но там его получают в небольшом количестве. Чтобы получить в домне такой чугун, нужно специально готовить сырье: восстановить кремний из руды и не дать ему в виде кремнезема уйти вместе со шлаком. Для этого мы и развиваем более двух тысяч градусов температуры в горне — заставляем тем самым кремний переходить в чугун. Жжем кокса в два раза больше, чем на обычном передельном чугуне, а кокс засоряет и горн, и фурмы. И тут с ним беда. В придачу еще фурмы горят да выбрасывают до десятка тонн этого огненного мусора из домны¹.

... В мае 1908 года из Стокгольма вышел пароход "Улеаборг". На следующее утро после отплытия пассажиры второго класса и часть команды заболели. Все заболевшие оказались около трюма и чувствовали во время пути исходивший оттуда чесночный запах. Их перевели в каюты первого класса, более удаленные от грузовой части парохода. Тем не менее один из заболевших к вечеру умер. По прибытии в Индию груз отправили на берег, а пароход пошел дальше. Все больные выздоровели, кроме одного матроса, умершего два дня спустя.

¹ Турбал В.В. Повелитель огня. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1973, с. 10—11.

Причиной отравления оказался ферросилиций — сплав, о котором говорилось выше. В начале XX века были зарегистрированы и другие случаи отравления от ферросилиция. Только за 1905 — 1908 годы было отмечено девять случаев отравления. 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 (ацетилена) с сопутствующими ему примесями. Выяснилось также, что разлагаться и выделять газы могут 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 весьма ядовита и обладает чесночным запахом. Особенно легко разлагается ферросилиций с содержанием 50 — 65 % кремния, поэтому сплав с таким содержанием кремния сейчас не производится.

Ферросилиций выплавляют 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), при плавлении материалов происходят 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 ремонтах печи, ведет учет проделанной работы.

Плавильщик помогает бригадиру и под его руководством участвует 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

Поэт Николай Асеев в своих воспоминаниях рассказывает об одном споре между Есениным и Маяковским.

Маяковский убеждал Есенина бросить своих неверных попутчиков — "крестьянствующих поэтов":

— Что это вы глину на ногах ташите?

— Я глину, а вы — чугун и железо! Из глины человек создан, а из чугуна что?

— А из чугуна памятники! — гремел Маяковский.

Так поэт назвал еще одну область использования чугуна. И тут прежде всего вспоминается знаменитое каслинское чугунное литье.

Каслинский завод был основан в 1747 году как чугунолитейный, но особенно прославился с начала

XIX века своим художественным литьем. Здесь производились из чугуна архитектурные украшения, садовая мебель, решетки, скульптуры и различные бытовые предметы с рельефным и ажурным орнаментом.

Чугунные изделия 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 года, был восстановлен каслинскими мастерами 50-х годов. Они отлили недостающие детали, а их оказалось более тысячи, любовно собирали его, и мы снова можем любоваться им в Свердловской художественной галерее.

Многие изделия выполнялись по моделям известных русских скульпторов Ф.П.Толстого, П.К.Клодта и других. Но не меньшее значение имел и кропотливый труд мастеров литейщиков. Каслинские мастера обладали высоким художественным вкусом и сами становились авторами моделей. Одним из таких мастеров-самородков 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", история создания которой послужила писателю П.П.Бажову основанием для создания сказа "Чугунная бабушка".

В сказе очень хорошо говорится о трудном мастерстве каслинских умельцев: "В чем тут главная точка была, сказать не умею. Кто говорил — чугун здешний особый, только, на мой глаз, чугун — чугуном, руки — руками. Про это ни в каком деле забывать не след.

В Каслях, видишь, это фигурное литье с давних годов укоренилось.

Тоже ведь фигурка, сколь хорошо ее не слепит художник, сама в чугун не заскочит. Умелыми да лов-

кими руками ее переводить доводится. Формовщик хоть и по готовому ведет, а его рука много значит... Чуть оплошал — уродец родится.

Дальше чеканка пойдет. Тоже не всякому глазу да руке впору. При отливке, известно, всегда какой ни есть изъян случится. Ну, напывчик выбежит, шадринки высипит, вмятины тоже бывают, а чаще всего путцы под рукой путаются. Это пленочки так по-нашему зовутся. Чеканщику и приходится все эти изъяны подправить: напывчики загладить, шадринки сбить, путцы срубить. Со стороны глядя, и то видишь — вовсе тонкое это дело, не всякой руке доступно.

Бронзировка да покраска проще кажутся, а изведай — узнаешь, что и тут всяких хитростей-тонкостей много.

А ведь все это к одному шло. Оно и выходит, что около каслинского фигурного литья, кроме художников, немало народу ходило".

Современные каслинские мастера выполняют портреты, скульптурные группы, фигуры животных, композиции для оформления городов, парков, станций метро, мостов, набережных.

В 1983 году в Каслях обнаружена находка, по ценности едва ли уступающая драгоценному кладу. В обычном деревянном ящике, найденном при реконструкции старинного демидовского цеха, оказалось около 500 моделей художественного литья, снискавшего всемирную славу. Пролегавшие здесь около сотни лет, они считались безвозвратно потерянными. Эта находка дает прекрасный материал для возрождения выдающихся художественных произведений из чугуна. Модели легли на стол реставраторов — забытые произведения ждет новая жизнь.

Кажется, легкий кружевной занавес опущен по фасаду семиэтажного здания Челябинского филиала Центрального научно-исследовательского института швейной промышленности. В ажурный орнамент тонко вписаны стилизованные изображения

птиц, зверей и растений. Это декоративное панно высотой 25 метров в удачном сочетании с узорной решеткой ворот под въездной аркой — новая творческая работа челябинских архитекторов и мастеров художественного чугунного литья. Около пяти тысяч литейных деталей изготовили мастера. Чугунные узоры, впервые широко использованные в архитектурном оформлении общественного здания, стали достойным украшением главной магистрали Челябинска проспекта им. В.И.Ленина.

Литейщик — представитель такой же древней профессии, как кузнец. "Зрелище природы и художеств" в 1874 году сообщало: "Литейщики имеют право лить разного рода большие и малые вещи; однако же они обыкновенно лют только малые сосуды, как то церковную утварь, кресты, дароносицы, кадильницы, 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 изготавливают будущую деталь из дерева — модель. Работа виртуозная — по чертежу будущей детали необходимо 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", "Пол-

ношных стран краса и диво"? Северная столица России славилась решетками мостов и набережных, литых чугунных и кованых железных. Именно их и воспел русский поэт. Они и сейчас служат украшением Ленинграда. 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 литых чугунных решеток мостов в городе 10 830 метров, а длина кованых железных решеток на набережных 53 570 метров.

Решетка у Летнего сада со стороны Невы по праву 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.

Имеются сведения о том, что в 20-х годах XX века американские бизнесмены предлагали за ограду Летнего сада сотню паровозов, но нарком просвещения 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, XIV век до н.э.), Месопотамии (кинжалы, найденные около Керхемиша, 500 год до н.э.), Индии (железная колонна в Дели, 415 год н.э.). Со времен средневековья сохранились многочисленные высокохудожественные изделия из железа в Англии, Франции, Италии, России — кованые ограды, дверные петли, настенные

кронштейны, флюгера, оковы сундуков, светцы.

Кованые сквозные изделия из прутьев и 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. Просечными полосами оковывались сундуки, шкатулки. Просечное железо воронили, лудили, покрывали позолотой.

Искусством кованого железа издавна славится Болгария. Дом лучшего болгарского мастера по железу Страхила Кокурова на окраине Софии. Здесь из железа уличный фонарь перед домом, 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 проявились в творчестве художника Вартана Оганяна. Созданные им подсвечники, 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 художника предполагает тесное содружество с архитектурой. К примеру, одно из его творений — огромная декоративная люстра — находится в ереванском кинотеатре "Урарту". Несмотря на



свои внушительные размеры, железная люстра кажется легко парящей над высоким плафоном.

Бельгийский архитектор Орта — один из основоположников и теоретиков стиля модерн в архитектуре — 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 года открылась Всемирная выставка в Париже. Перед советским павильоном на 33-метровой высоте стояла скульптурная группа В.И.Мухиной "Рабочий и колхозница" высотой 24,5 метра и массой 7,5 тонны. Оболочки фигур выполнены чеканкой по форме листов хромоникелевой нержавеющей стали толщиной 2 — 3 миллиметра. Нержавеющая сталь, самый современный в технике материал, поразил всех удивительной скульптурной пластичностью, красотой цвета, соответствием материала идее композиции. Теперь "Рабочий и колхозница" занимает почетное место недалеко от главного входа на ВДНХ.

Листовая нержавеющая сталь как материал декоративный и долговечный все чаще применяется в архитектуре. Примером может служить обработка широкой рифленой полосой из нержавеющей стали пилостров и колонн на станции московского метро "Маяковская".

Сооруженный в Днепропетровске и открытый 31 октября 1967 года монумент "Родина" представляет собой сложное архитектурное сооружение. Высота монумента более тридцати метров. На вершине его находится 9-метровая литая скульптура

женщины из нержавеющей стали. Толщина стенок отливки всего 10—25 миллиметров. Отливали ее по выплавляемым моделям.

Два года спустя коллектив Днепропетровского завода металлоконструкций для возводимого в районе Корсунь-Шевченковского плацдарма монумента боевой славы изготовил пятиугольную 69-метровую стальную колонну. Вершину ее венчает пятиконечная звезда, в которую вмонтировано 1700 зеркал из полированной нержавеющей стали. Звезда ярко сияет над полем брани, где Советская Армия наголову разгромила полчища фашистских оккупантов.

Над руинами легендарной Брестской крепости как символ великой Победы вознесся памятник-монумент павшим героям.

Сложное инженерное сооружение массой около 600 тонн представляет собой стометровый металлический штык. На Молоденческом 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.

Искусными руками старых тульских мастеров отливались пушки и ядра, громившие врагов земли русской. Эти же руки, приручившие расплавленный металл, создали красоту, которой испокон века привык окружать себя русский человек и в крестьянском быту, и в ратном деле.

Изделия тульских кузнецов, 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 веках тульскими мастерами, стали гордостью русского прикладного искусства и украшением коллекций лучших музеев мира.

... Щелкнул замочек футляра, и взгляду открылись два бриллианта-близнеца. Та же тончайшая огранка, тот же характерный блеск и игра цветов. А ведь один из них был стальным. Способ получения таких стальных бриллиантов был впервые в стране разработан специалистами ленинградского объединения "Русские самоцветы". Использование граненого металла в украшениях — давно забытый прием. Этот древний метод применялся еще в XVI веке в Англии. Изделия с металлическими "каменьями" назывались тогда марказитовыми — по названию металла, служившего заменителем драгоценного камня. Ленинградцы подобрали сплав, не уступающий марказиту, и в 1983 году предложили технологию его промышленной огранки.

Цветную сталь получают и в наше время. Есть даже особая термическая операция — колоризация стали: нагрев шлифованной или полированной стали до 200 — 300°C, от чего на поверхности образуется оранжевая или синеватая пленка, придающая металлу приятный декоративный вид и повышенную коррозионную стойкость.

Металлурги ищут способы получения цветной нержавеющей стали. Американско-английская компания "Интернэшнл никель" разработала процесс, который позволяет выплавлять 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 в ходе электролитического процесса. Цвет зависит от концентрации и температуры раствора, а также продолжительности погружения изделия в него.

Английские химики разработали свой способ получения цветной нержавеющей стали. Деталь помещается в электролитическую ванну со сме-

сью воды, серной кислоты и гидроксида хрома в определенных пропорциях. От силы тока и времени выдержки зависят толщина, прочность и характер цветного слоя. Поверхность металла окрашивается в интенсивный голубой и зеленый цвета, можно получить и оранжевую окраску.

Основываясь на тенденциях развития современного ювелирного искусства, английский дизайнер Тайлор считает, что в ближайшем будущем станут самыми модными украшениями 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.

ЖЕЛЕЗНЫЙ АМУЛЕТ

В древние времена лошадей не подковывали. Часто случалось, что из-за порчи копыт римская и греческая конницы выбывали из строя. Для предохранения копыт для лошадей римляне использовали особые "конские сандалии" — башмаки, которые прикреплялись к копытам. Однако такие башмаки были неудобны и применялись редко.

Подковывать лошадей впервые начали галлы, причем подковы изготовляли из железа или бронзы. В VI веке своих коней изредка подковывали германцы, славяне и вандалы. Конная статуя Карла Великого в Париже позволяет утверждать, что французские кони к началу IX столетия были подкованы. Киевские дружинники начали подковывать

лошадей в начале XI века, а в Европе — только в XII веке. Это позволило использовать лошадей в сельском хозяйстве при обработке каменистых почв, что повысило урожайность.

Подковать лошадь — большое искусство. 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.

А вот пример из русской практики. Герой повести И.А. Салова "Грачевский крокодил" (1879 год) хозяйственный поп Иван "даже сам подковывал. Сделает, бывало, подкову, отшлифует ее, прикинет на весы, чтобы одна подкова не была тяжелей другой, и тогда уже подкует лошадь, и не в станке, а просто на руках, в стойле".

Немудреная вроде вещь — подкова, а изготовление ее и теперь требует ювелирного мастерства. Не однажды пробовали ее отливать, штамповать, но, однако, до сих пор подковы куются еще вручную, как в старину.

Полтора ста лет существует Московский ипподром, столько же здесь работает маленькая кузница. Бригада из пяти мастеров и пяти молотобойцев "обувает" ипподромных рысаков, а также лошадей цирка, зоопарка, русские тройки на ВДНХ. Кузница освещена огнем и наполнена веселым стуком. Искрящий

ся брусок металла ложится на наковальню. Несколько точных ударов — и половина готовой подковы снова идет в горн. За 20 минут готово четыре подковы.

Существует более ста видов подков, и ежегодно рационализаторы подают десятки заявок на новые формы и типы подков. Предлагались, например, литые подковы из чугуна и стали. Но такие подковы трудны в изготовлении и не выдерживают больших ударных нагрузок. Подковы из титановых сплавов "стояли" хорошо, но их стоимость равнялась половине цены лошади. Так что стальные подковы пока держат первенство.

По мнению суеверных людей, подкова приносит счастье человеку и избавляет его от беды. Найденную подкову не бросали, ее несли домой и прибавляли над порогом. Чем же объяснить такое пристрастие к подкове в народных приметах? Почему она была своего рода амулетом?

Форма подковы напоминает прибывающую Луну, а в древнем Вавилоне и Египте это было символом почитающихся там богинь плодородия Астарты и Изиды.

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. Счита-

лось счастьем найти подкову. Первоначальная радость материальной ценности предмета послужила источником приметы удачи, сопровождающей эту находку.

СТАРИННЫЕ РЕЦЕПТЫ

Древние металлурги, обладавшие высоким искусством ручной обработки металла, накапливали по крупинкам драгоценный опыт вслепую, без всякой помощи теории. Ценные наблюдения за изменениями свойств металла в процессе обработки смешивались с суеверными выдумками.

В летописи 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".

Мастера в те далекие времена применяли самые различные методы закалки: окунали нагретую полосу металла в простую или соленую воду, в оливковое масло, а некоторые считали, что кинжал надо закалывать только в кубке с вином. В старых легендах упоминается и такой способ: кузнец ковал булатный кинжал, а потом вскакивал на лихого коня и охлаждал изделие на ветру бешеной скачки.

Высокие качества знаменитых испанских шпаг из Толедо





объясняли таинственными свойствами особой воды, в которой они закаливались. В середине XVIII века воду возили на кораблях в Америку из Европы, чтобы достичь таких же результатов при закалке стали.

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.

Старинные рецепты дополняются новыми способами термообработки. Так, бельгийские специалисты предложили закаливать заготовки инструментов... вакуумом. Во время испытаний на заводе фирмы "Вейден" нагретые до нужной температуры фрезы, токарные резцы, метчики и сверла в железных емкостях быстро помещались в вакуумную камеру. А так как всякая закалка требует резкого перепада температуры, то одновременно с откачкой воздуха из камеры в ней понижали температуру до нуля градусов. Анализ результатов показал, что при таком способе закалки поверхность заготовок практически не

окисляется, структура металла не приобретает вредных тепловых напряжений, а его верхний слой быстро избавляется от газообразных примесей. В итоге износостойкость инструмента повышается в 1,5—2 раза.

В старину издавали журналы, в которых нередко печатались разные советы, в том числе и по металлургии. Так, в журнале "Экономический магазин" за 1784 год сообщалось:

"Ежели хотеть железо сделать так плавко, как серебро, то всяко надобно соку, нажатого из травы золототысячницы и травы дикой цикореи, которая растет во многих местах и имеет цветы голубые, и остудить в оном мягкое хорошо раскаленное железо от 10 до 12 раз, так и будет (оно) очень бело и плавко".

Однако автор все-таки заканчивает заметку предостережением: "Справедливо ли сие, или нет, того не знаю, а могут узнать сие чрез опыт сами любопытные".

В первой половине XIX века "Журнал мануфактур и торговли" описывал "способ превращать хрупкий чугун в мягкое железо, пересыпая оный 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 20 часов и чугун превращался в самое мягкое и довольно ковкое железо. В за-

метке отмечалось, что "открытие сие действительно может быть полезно при обработке железа, а особливо если бы сахар был дешевле, нежели он ныне есть в Европе...".

Однако и в наше время рекомендуют использовать сахар... в литейном деле. Исследования, проведенные в Щецинском политехникуме (ПНР), неожиданно показали, что наилучшим добавлением к формовочной смеси для отливки металла является сахар. Минимальная примесь его к формовочной массе позволяет без труда очищать отливку, значительно облегчая и ускоряя труд литейщиков. У нас с этой же целью применяют патоку и меляссу.

ЖЕЛЕЗО В ТЕХНИКЕ

ВПЕРВЫЕ ИЗ ЖЕЛЕЗА

Было время, когда железо употреблялось только для изготовления инструментов, сельскохозяйственных орудий и в военном деле. Позже железо начали применять в строительстве. Раньше других взялись за это русские. Металл употребляли на контурные связи. Дощатое и листовое кованое железо шло на устройство оконных ставен, железных кованых дверей. В последней четверти XVII века дощатым железом иногда покрывали крыши, например крышу Посольского приказа в Москве. Одна кованая доска весила 7,5 фунта

(3 килограмма). Главы собора Василия Блаженного в Москве, построенного в XVI веке, были покрыты железом.

Использовались также чугуновые строительные изделия. Например, при постройке палат князя В.В.Голицына в 1685 году для полов было приобретено 616 пудов 5 фунтов (9856 килограммов) литых чугунных досок, которые были в два с половиной раза дешевле кованого железа, и два литых чугунных столба весом 36 пудов 2 чети (584 килограмма). Летом 1712 года уральский заводчик Н.Демидов на многих стругах привез на Москву-реку 2700 чугунных половых одноаршинных досок, в длину и ширину по аршину с четвертью и толщиной два пальца.

На Урале в Невьянской башне, построенной Демидовым в 1725 году, двухметровой толщины стены намертво связывали железные брусья, дверные и оконные проемы укрепляли чугуновые косяки, двери и ставни были железные кованые. Полы всех этажей и балконы ярусов устилали чугуновые плиты. Башня сохранилась до сих пор.

И все-таки нельзя сказать, что в те времена широко использовали металл в строительстве: боялись хрупкости чугуна. Выдающийся русский экономист петровской эпохи И.Посошков в 1724 году рекомендовал за продажу чугуна на домовое строение брать штраф с торговца за гривну рубль: зачем-де он

подсовывает ненадежный материал.

В Британском музее в Лондоне находится богатейшее собрание старинных художественных железных изделий, применявшихся в строительстве. Особого расцвета достигли они в XVII — XVIII веках. Балконы и решетки того времени отличались высокохудожественным исполнением. Эти изделия говорят о большом искусстве мастеров и о том, что в те века железо вследствие своей дороговизны служило больше украшением, чем массовым строительным материалом.

С увеличением производства железа и улучшением его качества в начале XIX века появились возможности его использования и для других целей. "... Производство железа так удешевилось, — писал Ф.Энгельс, — что оказалось возможным делать из железа массу вещей, которые раньше изготавливались из дерева или камня"¹.

Только в конце XVIII века началось первое применение металла в строительстве машин. Английский техник Смитон, один из пионеров применения чугуна в машиностроении, рассказывал в 1782 году: "Когда я двадцать семь лет тому назад впервые стал применять чугун, то все удивлялись, как может хрупкий чугун выдержать там, где не может устоять самое крепкое

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Собр. соч., т. 2, с. 253.

дерево. Однако эти отливки несут свою службу исправно и по сию пору”.

Чугунный цилиндр паровой машины был первой крупной деталью из черного металла. Лишь в 1800 году Уайт заменил последнюю деревянную часть (балансир) своей паровой машины железной. Кованое железо шло на изготовление станков и частей машин. И все-таки в первом фултоновском пароходе, плававшем по Гудзону, даже паровой котел был деревянный: нагрев воды производился в отдельном устройстве из железных труб. Лишь с начала XIX века начинается вторжение и в эту область.

Англичанин Уайт в 1800 году взял патент на применение чугунных стропил и кровли. На заводе Болтона и Уайта в Сохо в мастерских сделали чугунные полы, лестницы, стропила.

Откуда пошло правило — кушая рыбу, нельзя пользоваться железным ножом? Наши предки, очевидно, на многих горьких опытах убедились, что люди, нарушившие это правило, заболели и даже умирали. Теперь мы знаем причину: железо вступает в химическую реакцию с легко разлагавшимся белком и в результате образуется ядовитое вещество. И хотя нынче пользование ножами из нержавеющей стали совсем безопасно, но, увы! Слишком поздно: что рыбу нельзя есть ножом, стало правилом хорошего тона.

Медленно входили металли-



ческие изделия в быт. В XVIII веке в Москве существовал железный ряд, где продавались разные железные принадлежности для дверей и окон, котлы и сковороды, однако железной посуды в домашнем быту русских людей было мало. Это объясняется тем, что в средние века железо стоило недешево. По свидетельству иностранца Нойерберга, посетившего Москву в 1661 году, во время обеда ножами и вилками пользовались только знатные люди. В Англии, например, в царствование Эдуарда III (XIV век) кастрюли, сковороды и вертела королевской кухни считались в числе драгоценностей короны.

Много позже положение меняется. "Журнал мануфактур и торговли", рассказывая о Парижской выставке 1844 года, писал: "С каждым днем распространяется фабрикация железной мебели всякого рода: кроватей, стульев, столов, этажерок, шкафов, люлек, украшений всякого рода. Напрасно только фабриканты стараются придать этим вещам вид дерева, которого они никогда не заменят".

Анатолий Франс в повести "Июкаста" (1878 год), описывая события французской жизни второй половины XIX века, рассказывает о бытовой обстановке того времени и часто упоминает различные изделия из металла.

Героиня повести Елена Феллер сидела в железном садовом кресле, ей была видна железная ограда сада, она про-

щалась со знакомым у железной решетки. Ее отец при игре в бильярд пользовался доской с железными прутьями — игрски нанизывали на них деревянные колечки, отмечая очки. Старинный особняк Хэвиленда, стоявший почти два века, имел парадную каменную лестницу с чудесными коваными перилами. В повести упоминается железная кровать, оцинкованный столик в кофейне. Вдоль набережной Сены уже стояли железные лари букинистов.

Металлическая мебель в XX веке распространяется еще шире. Английская фирма Харвей, изготавливающая стальную конторскую мебель с 1913 года, позже освоила производство долговечного оборудования для конторских работников. Фирма изготавливает мебель из высококачественной листовой и профильной стали, покрываемой эмалью горячей сушки.

Первые металлические мосты были построены в горных районах Китая в конце VI века. Они сооружались из толстых железных цепей, на которых укладывали деревянный настил. Цепи закрепляли к скалам крюками.

Первый чугунный мост построил английский заводчик Дербивнук на реке Севери у Кольбрукдельского завода в 1776 — 1778 годах. Проектированием и сооружением моста руководил главный модельщик завода Грегори. Пока возводились мостовые устои, шла отливка чугун-

ных частей, масса которых составила 400 тонн. Мост был однопролетный, с пролетом 30 метров, высотой над рекой 12 метров — речные суда могли свободно проходить под ним.

Английский железозаводчик Вилкинсон в 1787 году спустил на воду первое железное судно — небольшую речную баржу водоизмещением 20 тонн. Первые такие суда были смешанной конструкции: часть деталей корпуса изготавливали из железа, остальные из дерева. Современники писали о железных судах: "С удивлением замечено, что сей корабль сидит на воде не так глубоко, как бы сидел деревянный корабль такого же груза, и уверяют, что постройка его стоила гораздо дешевле".

Первое железное паровое судно — пароход "Аарам Мэмби" — появилось в 1822 году в Англии. В середине XIX века английский инженер Брюнель построил судно "Грейт Истерн" водоизмещением 27 000 тонн. В те времена оно было непревзойденным по своим размерам и физик Фарадей восхищался этим судном, "размеры которого и мощь, кажется, лежат за пределами человеческого воображения".

Корабль действительно поражал своими размерами: длина 208 метров, ширина 25,3 метра, высота борта 18,3 метра. Масса корпуса, изготовленного из листового 13 — 19-миллиметрового железа, составила 8000 тонн. На нем имелись парусное снаря-

жение, бортовые гребные колеса диаметром 17 метров, массой 90 тонн каждое и гребной чугунный винт диаметром 7,3 метра, массой 36 тонн.

Однако в эксплуатации гигант оказался неэкономичным: низкая скорость, долгая погрузка вели к убыткам. Пароход служил для прокладки трансатлантического кабеля. Последнее плавание судно совершило из Англии в Панаму в 1866 году. Во время бури оно потеряло часть своих мачт и оснастки и было выброшено на мель у Фолклендских островов. Его использовали в качестве плавучей гостиницы, потом — угольного склада, а в 1899 году продали на слом.

Грандиозное развитие торгового мореплавания сделалось возможным лишь с того времени, как открыли способы массового получения дешевой стали, то есть со второй половины XIX века. Сейчас мировой торговый флот превышает 60 тысяч морских судов.

Что сказал бы знаменитый физик, когда с развитием производства высококачественной стали появились огромные океанские лайнеры XX века. В 1936 году был построен корабль "Куин Мери" водоизмещением 77 500 тонн. Его размеры ошеломляли: длина 314 метров, ширина 36 метров, высота борта 21 метр. Корпус парохода был сделан из стали повышенной прочности. Для подводной части применили нержавеющую сталь,

для корабельных надстроек — сталь с высоким пределом упругости. Ахтерштевень — кормовая балка представляла собой крупнейшую в мире отливку массой 190 тонн. Руль тоже был самым большим в мире: 180 тонн. Гигантские якоря 16 тонн каждый держались на цепях, изготовленных из круглого железа диаметром 104 миллиметра. На палубе стояли две полые стальные мачты 73 метра высотой. Помещения судна были рассчитаны на 2300 пассажиров и 1200 человек экипажа. На корабле было 14 палуб, 35 салонов и ресторанов, 35 лифтов, "Куин Мери" в течение 30 лет держала пальму первенства по величине среди пассажирских судов мира.

Осенью 1967 года корабль совершил последнее плавание по Атлантике. За время своего существования пароход перевез более двух миллионов человек, включая 800 тысяч солдат во время второй мировой войны.

В наши дни лайнеры становятся жертвой безжалостной конкуренции гражданской авиации на трансатлантических линиях. Примером тому служит лайнер "Франс", краса и гордость французского пассажирского флота. Спущенный на воду в 1960 году корабль водоизмещением 66 000 тонн мог брать на борт 2044 пассажира. Он считался самым крупным и комфортабельным судном в мире. Однако убытки для его содержания все возрастали, и в 1974 году правительство объявило о продаже лайнера с

молотка. Его приобрели норвежские судовладельцы и в 1980 году переоборудовали в круизный теплоход "Норвегия".

Со второй половины XX века первенство в грузоподъемности перешло от пассажирских лайнеров к грузовым судам, в первую очередь к танкерам, судам для перевозки нефтепродуктов. Резкий скачок в росте танкерного судостроения произошел в 1954 году с появлением первого крупного судна грузоподъемностью 45 000 тонн.

В историю мирового судоходства 60-е годы войдут как начало эры супертанкеров — судов, водоизмещение которых превысило 100, 200 и 500 тысяч тонн.

Одним из крупнейших супертанкеров мира явился "Глобтик Токио", построенный в Японии по заказу английской судоходной компании. Водоизмещение гиганта 477 тысяч тонн.

Но уже в 1975 году стал на причал в порту Куре танкер "Ниссеи Мару" водоизмещением 484 377 тонн. Длина его почти 579 метров, ширина 62 метра. Строительство обошлось в 17 миллиардов иен.

Эксперты предсказывали, что мир скоро увидит танкер грузоподъемностью 1 миллион тонн. Но со времен энергетического кризиса семидесятых годов конъюнктура изменилась, сделала невыгодной эксплуатацию этих гигантов, "заморозила" сотни тысяч тонн полезного тоннажа нефтеналивного флота. По-

явились "безработные" супертанкеры. Большое значение приобретает прочность корпуса, ибо аварии с таким грузом, как нефть, могут привести к катастрофе по загрязнению моря. Для них нужны глубоководные гавани и каналы. А Суэцкий канал не пропускает суда водоизмещением свыше 150 тысяч тонн. Возникает вопрос: что делать с танкерами? В Норвегии, например, предложили использовать их в качестве плавучих электростанций.

ПАШНЮ КРАСИТ ПЛУГ

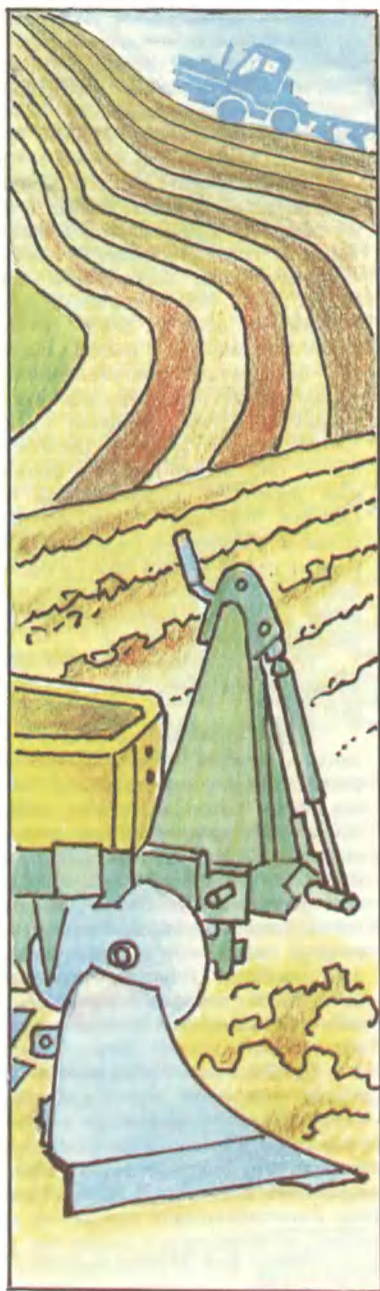
Писатель Алексей Антонов приводит слова одного мудрого человека:

— Вот ты говоришь: на Луну залетели, человека из железа сделали, телевизор придумали. Да еще не простой — раскрашенный. А я тебе скажу так: ничего умнее плуга человек не придумал. Сколько всего наставлено в музеях! И ракету, может, замкнут под стекло... А плуг нет. Прадед мой пахал. Дед пахал. Мы умрем — внуки пахать будут. Потому что плуг — это хлеб. А где хлеб, там и жизнь...

Да, пожалуй, нечего возразить.

Земледелие возникло приблизительно к V тысячелетию до н.э. В те времена еще не было плуга. Поля обрабатывались мотыгой, долгое время пахали сохой. Пахарь поддерживал ее на нужной высоте и под определенным углом, человеку приходилось прилагать огромные усилия, но борозда при этом получалась неровная.

На рубеже I и II тысячелетий до н.э. у многих народов первобытного и рабовладельческого общества получает распространение железо. Этот факт знаменовал новый этап в истории общества, вызвав подъем в развитии техники и культуры. Распро-



странение металлургии и железных орудий привело человечество к последнему периоду первобытной истории, который Ф.Энгельс характеризовал как эпоху "железного меча, а вместе с тем железного плуга и топора".

Сравнительно дешевое и повсеместно встречающееся железо в корне изменило труд человека. Железный топор и соха с железным лемехом способствовали расширению обработки земли. Появилась возможность рубить лес, осушать болота, а после этого поля можно было вспахать.

Вначале плуг использовался лишь в некоторых рабовладельческих государствах (Рим, Древняя Греция, Китай), а более широкое распространение он получил только в феодальный период. В средневековье применялся плуг двух видов: легкий и тяжелый с колесным передком. Деревянные рабочие части плуга и бороны постепенно заменялись железными с более удобными лемехами, которые хорошо взрыхляли почву.

Усовершенствование плуга придало ему к XIII веку почти современный вид.

В основном даже в начале XVIII века в Англии и других европейских странах использовали плуг, все части которого, кроме лемеха, были деревянные. Глубина вспашки не превышала 10 сантиметров. Такой плуг мог применяться лишь на небольших земельных участках. При обработке больших участков земли деревянные части плуга очень быстро изнашивались. Поэтому необходим был такой материал, который бы обеспечил более длительный срок работы плуга.

В 30-х годах XVIII века в Шотландии появился плуг, в котором наиболее изнашивающиеся части — лемех и отвал — были сделаны из железа. Эти плуги получили распространение в Англии и США. Однако

они не отличались большой прочностью, лемех быстро изнашивался.

Англичанин Рансон (1803 год) сделал плуг из чугуна. Хотя это повысило его прочность, однако чугунный плуг был пригоден лишь для вспашки чернозема. При обработке глинистой почвы он увязал, а по песку скользил.

Кузнец Лен из Чикаго (1883 год) в лемех деревянного плуга вставлял острое стальное лезвие в чугунной оправе. В том же году кузнец Дир создал первый стальной плуг. Вначале плуги изготавливали из так называемой пильной стали, считавшейся наиболее прочной, а в 1863 году американец Морисон получил специальную плужную сталь.

Продолжалось также совершенствование конструкции плуга. Появились специальные плуги одно- и многолемешные, окучники, почвоуглубители, культиваторы. Все это позволило достигнуть более глубокой пахоты и значительно увеличить площадь, обрабатываемую плугом.

Следующий этап эволюции плуга связан с применением паровой машины как тяговой силы. Еще Уайт в конце XVIII века делал опыты в этом направлении. Однако в практику сельского хозяйства паровая машина вошла лишь 60 лет спустя.

Английские фермеры Фаулер и Говард в 1855 году создали наиболее подходящее сочетание паровой машины и плуга. Глубина вспашки паровым плугом сразу увеличилась. Средний урожай пшеницы на участках, где применялся паровой плуг, повысился на четверть. К 80-м годам XIX века паровой плуг стал широко использоваться в крупных земледельческих хозяйствах.

В России работа над усовершенствованием плуга началась еще в конце XVIII века. "Плуг или косуля есть наиболее полезное орудие, какое только человек изобрести мог; ибо помощью его пашни делают годными для посева и произрастания", —

¹ Маркс К. и Энгельс Ф. Собр. соч., т. 21, с. 163.

отмечалось в "Зрелище природы и художеств" (1784 год).

В начале XIX века в стране были распространены передковые плуги конструкции мастеров Лукьяна Рудницкого, Трофима Петренко и беспередковый плуг Ивана Кургана. В 50-е годы инженер Э.П.Шуман сконструировал значительно улучшенный цельнометаллический плуг. Отвал и лемех изготавливались из чугуна. Плуг имел также удобную регулировку глубины пахоты в пределах от 10 до 20 сантиметров.

Позже появился новороссийский плуг, получивший широкое распространение по всей России, особенно в степной полосе. У него имелись широкие полувинтовые и комбинированные отвалы, что обеспечивало его применение на тяжелых, сильно задерненных и высохших почвах. Для работы на нем требовались две — три лошади или две пары волов. Глубина пахоты плуга доходила до 18 сантиметров.

В сельском хозяйстве старой России в 1910 году было всего 2,2 миллиона деревянных и 4,2 миллиона железных плугов. Собственного производства тракторов не было. Их покупали крупные помещики за границей.

Совсем другое положение в наши дни. Советская сельскохозяйственная техника находится на передовом уровне, обладает богатым парком современных сельскохозяйственных машин. Конструкторы, совершенствуя плуг, ищут способы расчленения сплошного лезвия лемеха, сохраняя большой рабочий захват корпуса плуга. Появились новые конструкции плужных корпусов с выдвигными долотами, лемеха со сменными носками, зубчатыми и волнисто-ступенчатыми лезвиями. Разработан экономичный и надежный способ получения волнисто-ступенчатого лезвия, где твердый сплав наплавлялся не сплошь, как обычно, а отдельными участками. В процессе снашивания лемеха уменьшается площадь его

опоры, но качество вспашки не ухудшается.

"Изношенным лемехом землю не вспашешь", — говорит народная пословица. Вот и ищут новые сплавы для защиты лемехов, лап культиваторов и других узлов от интенсивного износа и частых ударов. Сплав ПС-14 считается наилучшим. Истиранию противостоит углеродистый феррохром, а повышенную сопротивляемость ударам придает связка на основе железа с добавками углерода, кремния, марганца, никеля, меди и бора. Наносится сплав на поверхность индукционным способом.

Одной из наиболее важных частей тракторного плуга является так называемый "башмак". Прежде его изготавливали путем сварки отдельных стальных деталей. Процесс этот требовал большого количества стального проката, но и специального дорогостоящего оборудования.

Сотрудники Научно-исследовательского института специальных способов литья совместно с Одесским заводом сельскохозяйственных машин им. Октябрьской революции разработали новую конструкцию "башмака" и предложили делать его цельнолитым из чугуна.

Новый контур отвально-лемешной части "башмака" позволяет увеличить его прочность, повысить срок службы. А за счет того, что почва на "башмак" новой конструкции будет налипать теперь значительно меньше, удалось сократить и необходимое тяговое усилие трактора и получить большую экономию горючего.

Одесский завод им. Октябрьской революции выпускает богатырские плуги. Пятикорпусный плуг ПОН-5-35, работающий в упряжке с мощным трактором Т-150, дает ширину захвата 175 сантиметров, глубину вспашки до 27 сантиметров, скорость глубокой вспашки до 9 — 10 километров в час. Летом 1983 года в Одессе выпустили трехмиллионный плуг за все время существования завода. Специалисты по новой технике соз-

дают все более совершенные почвообрабатывающие агрегаты. Одна из последних новинок — семикорпусный плуг для каменистой почвы. Он снабжен специальным устройством, которое автоматически поднимает ножи при столкновении с твердым препятствием. Работая с мощным трактором, агрегат может за час обработать более одного гектара самого сложного грунта. Он успешно прошел испытания на каменистых почвах нескольких республик.

Конструкторы завода "Алтайсельмаш" занимаются созданием семейства унифицированных плугов общего назначения. Земледельцы страны получили шестикорпусный плуг с шириной захвата 210 сантиметров, что позволило лучше использовать гусеничный трактор Т-4. Производительность орудия повышается на 20 %. Этими плугами заменяются выпускаемые ранее плуги общего назначения.

Семейство плугов растет, история их продолжается — в музей сдавать их еще рано. Они помогают выполнению Продовольственной программы нашей страны.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИДЕИ В МЕТАЛЛЕ

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

Одним из ранних и замечательных сооружений, выполненных из чугуна и железа, по праву считается стеклянный дворец "Кристал-палас". Постройка его

была приурочена ко Всемирной выставке в Лондоне в 1851 году. На конкурс представили 240 проектов, но все они были отклонены, ибо не удовлетворяли основным условиям проекта — дешевизне и новизне решения. Приняли 241-й проект садовника Пакстона, который до этого специализировался на постройке оранжерей.

Главное здание выставки длиной 563 метра и шириной 124,5 метра заняло в Гайд-парке площадь в 69 тысяч квадратных метров. Только при помощи металлических конструкций и можно было построить такое громадное здание: поверхность остекления намного превышала площадь, занимаемую павильоном. Стекло крыши для предохранения от града покрыли холстом и это послужило поводом для названия здания "Хрустальный дворец".

Сочетание металла и стекла в больших размерах открыло новую эпоху в строительстве. Архитекторы и инженеры нашли широкое поле для совместной творческой деятельности. Отныне многие крупные торговые здания в Европе и Америки стали строиться по образцу "Кристалл-паласа".

Примером могут служить знаменитые парижские сооружения — Центральный рынок (1851 год) и универмаг "Бон-Марше" (1876 год). Золя называл рынок "чугунным гигантом" и описал его в романе "Чрево Парижа": "словно некий Вавилон из метал-

ла, легкий, как сооружение индийских зодчих, пересеченный висячими террасами, воздушными галереями, мостами, переброшенными над бездной... Исплинская чугунная конструкция таяла, синела, сливаясь в единый темный профиль на полыхающем заревом востоке”.

В России тоже строили немало общественных зданий с оригинальным инженерным решением по применению металлических конструкций. Примером может служить строение купола Исакиевского собора в Петербурге, сооруженного по проекту архитектора Монферрана в 1818 — 1858 годах.

По первоначальному замыслу купол предполагалось выложить из кирпича, как в лондонском соборе Св.Петра, возведенном в конце XVII века. 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 22,25 метра, имеющего в основании общие опоры, сделать из 24 чугунных “ребер”. Постройка купола была закончена в 1842 году.

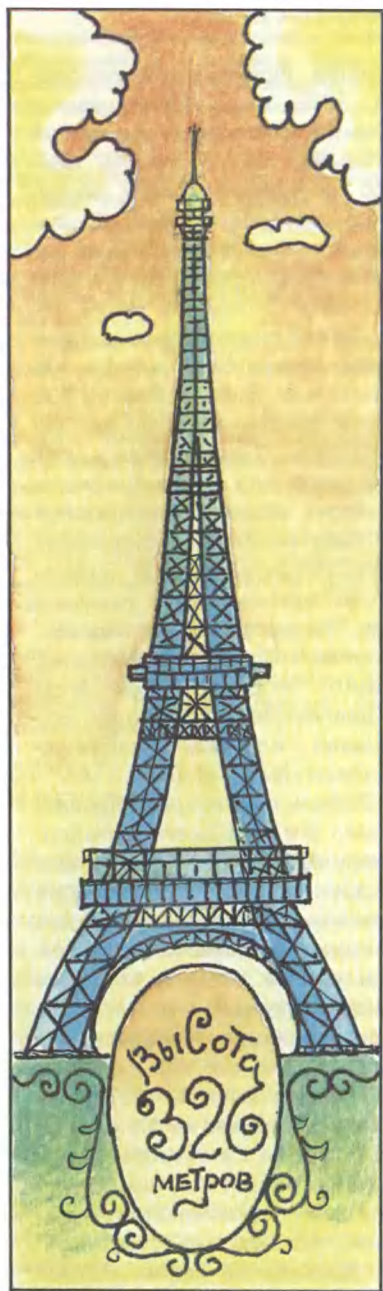
ЭЙФЕЛЕВА БАШНЯ

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

Самый смелый проект, грандиозное сооружение в виде металлической башни высотой 300 метров представил инженер Густав Эйфель. 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. Это был сложный и смелый проект, над которым в конторе Эйфеля работало 400 человек.

В конце января 1887 года 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 разгне-



ванных парижан приходили на Марсово поле и высказывали свое возмущение. Им казалось, что башня испортит весь вид прославленного города. Сорок видных представителей французской интеллигенции выступили в прессе с письмом-протестом. Среди подписавших гневное письмо был композитор Шарль Гуно, писатели Ги де Мопассан, Александр Дюма и другие.

Однако и у Эйфеля были сторонники, такие, например, как Золя, который одобрял и поддерживал строительство Эйфелевой башни. Между тем башня росла. Строители работали по 10 — 11 часов в сутки. Большинство работ выполнялось вручную. Но здесь впервые использовались и некоторые технические новинки. Большие детали башни изготовляли на заводе и собирали на стройке при помощи паровых кранов, расположенных на разных горизонтах. Так детали и передавали от крана к крану, все выше и выше. Строительство продолжалось два года, два месяца и два дня.

В законченном виде башня явилась по тем временам колоссальным сооружением из металла высотой 300 метров (теперешняя высота башни вместе с надстройками 326 м). На ее сооружение потребовалось 18 038 деталей, а при ее монтаже использовано 1 050 846 заклепок. Ее масса составляла 7500 тонн, из них 7000 тонн приходилось на металлическую часть. Она была построена так прочно, что

колебания верхней ее части во время сильного ветра не превышали 15 сантиметров.

Около ста известных парижан во главе с Эйфелем 31 марта 1889 года впервые совершили подъем на башню, но вершины достигли лишь 20 человек. Не забывайте, что в те времена не было еще лифтов, их установили позже. Чтобы добраться до самой высокой платформы, на высоту 190 метров, надо было преодолеть 1792 ступеньки.

Надежды Эйфеля оправдались полностью. Сооружение завоевало сердца парижан. Как символ Франции, башня стала украшать страницы путеводителей по стране, официальные документы, 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 — сбор от входной платы перекрыл все расходы на постройку, достигшие 5 миллионов франков. Однако ее сооружение явилось поучительным примером продуманного и организованного строительства. В арсенал строительной техники прочно вошли металлические конструкции.

Вначале башня была лишь объектом посещения. Но с раз-

витием радио и телевидения она превратилась в высотную антенну. В конце прошлого века с башни проводились первые во Франции радиопередачи.

В 1909 году пытались демонтировать сооружение. Но башню оставили. Во время первой мировой войны благодаря антенне на вершине башни было перехвачено важное сообщение врага, что помогло французам победить в сражении на Марне. Париж спас свою башню, а башня спасла Париж. Радио Эйфелевой башни в 1922 году передало первый концерт. Через три года Э.Белен проводил здесь свои эксперименты по телевидению. В последующие годы на вершине башни разместили радио- и телеантенны, прожектор, метеорологические приборы, измерители радиоактивности и атмосферного загрязнения.

Спустя 92 года с момента открытия башни было принято решение провести на ней крупные ремонтные работы, главная цель которых заключалась в том, чтобы укрепить стальные конструкции основания. Эти конструкции за последние несколько десятилетий деформировались в результате различных дополнительных нагрузок, не предусмотренных в проекте ее создателя.

Ремонт без остановки приема посетителей продолжался с февраля 1981 года до июня 1983 года. Лишние постройки снесли. В ходе работ не только укрепили основные балки осно-

вания, но и значительно облегчили все сооружение благодаря изготовлению конструкций из новых, более прочных сталей и замене ими части опор. Старые железобетонные перекрытия заменили стальными. В результате башня "похудела" на тысячу тонн. Это было необходимо для того, чтобы уменьшить давление башни на грунт, а значит и продлить ее жизнь.

Во время реставрации построили четыре новых лифта, переоборудовали многие смотровые площадки, построили новые, более удобные лестницы.

Полностью переоборудовали первый этаж. Здесь появились киноконцертный зал, музей истории строительства башни. Стальные конструкции покрыли новой специальной мастикой, позволяющей, по мнению ученых, практически предотвратить коррозию металла.

Эйфелева башня переживает вторую молодость. В сентябре 1983 года она приняла стомиллионного посетителя. Если выстроить в один ряд всех, кто почтил своим вниманием "старую даму", как ее называют парижане, то они составили бы очередь длиной в 25 тысяч километров.

Знаменитое произведение инженера Густава Эйфеля и сейчас одно из наиболее выдающихся сооружений во славу железа как строительного материала. Башня и сегодня впечатляет точностью расчета и своими размерами. Она по-прежнему является самой

популярной достопримечательностью Парижа.

НЕБОСКРЕБЫ

Опыт строительства Эйфелевой башни использовали в создании американских небоскребов. Большой чикагский пожар в 70-х годах XIX века дал толчок к появлению несгораемых домов с железным каркасом.

Сооружение небоскребов началось в США с изобретением стального каркаса и пассажирского лифта и было вызвано плотностью городской застройки и дороговизной земельных участков. Полагают, что первый в мире небоскреб был построен в 1885 году в Чикаго. Здание со стальным каркасом по тем временам считалось гигантским — в нем было 9 этажей. Но рекорд недолго продержался. Дом высотой в 20 этажей построили в Чикаго в 1893 году. В Нью-Йорке появилось здание высотой в 30 этажей в 1902 году, а спустя пять лет там же соорудили 47-этажное здание фирмы "Зингер"; в 1910 — 1913 годах возвели здание в 55 этажей.

Первенство среди всех высоких зданий держал небоскреб "Эмпайр Стейтс Билдинг". "Великая леди Манхэттена" как шутливо называют небоскреб жители Нью-Йорка, занимает целый квартал в центральном районе города Манхэттена, имеет общую высоту 381 метр, считая венчающую ее радиотелевизионную мачту. Постройка продол-

жалась всего 19 месяцев, включая разборку 15-этажного здания, стоявшего ранее на участке. Монтаж стального каркаса массой 60 тысяч тонн продолжался только 6 месяцев. Первого Мая 1931 года в день торжественного открытия здания нажатием кнопки в Вашингтоне включили все огни "Эмпайр Стейтс Билдинг", и засиял гигантский небоскреб высотой в 102 этажа.

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

Небоскреб "Эмпайр Стейтс Билдинг" занимает четвертое место по высоте среди американских 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 года вступила в строй первая из двух 110-этажных башен Центра международной торговли в Нью-Йорке. В обоих зданиях высотой 412 метров могут одновременно находиться до 130 тысяч человек. Такая высота недолго оставалась рекордом. Построенный в Чикаго в 1970 — 1974 годах 109-этажный небоскреб "Сирс билдинг" поднялся на высоту 442 метра. На 103-м этаже

на высоте 415 метров находится смотровая площадка. Здание отличается оригинальностью проекта. Оно состоит как бы из квадратных труб, поставленных вертикально. Каждая из них — прочная жесткая конструкция — представляет собой отдельное здание со стороной примерно в 23 метра. Соединенные вместе девять таких квадратных труб образуют основу здания, его нижнюю часть. При таком принципе строительства достигается значительная экономия стали — около 10 миллионов 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 этажа. До 109-го этажа дотянулись лишь две трубы. Так получился ступенчатый силуэт башни.

Американские градостроители озабочены "небоскребной лихорадкой". На Манхэттене в Нью-Йорке снесены многие ветхие дома, на их месте различные фирмы возводят несколько десятков 50 — 80-этажных небоскребов, находящихся на разных стадиях готовности.

Споры о небоскребах ведутся и в других странах. Первый 147-метровый небоскреб в Токио появился в 1968 году. С тех пор высотные дома в столице Японии растут, как грибы, необычайно быстро и без всякого порядка. Иногда два — три небоскреба закрывают солнце для целого квартала. Первый небоскреб в тропической Аф-

рике построили в Киншасе. Здание в 40 этажей имеет высоту 146 метров, на крыше которого построен плавательный бассейн.

В английском городе Ливерпуле сооружается 130-этажный небоскреб высотой 557 метров. В здании-гиганте на общей площади в 100 тысяч квадратных метров разместятся различные конторы, оффисы, канцелярии. В Чикаго проектируется постройка самого высокого небоскреба в мире. Он поднимется над землей на 760 метров.

В нем 210 этажей, общая площадь 90 тысяч квадратных метров. Здесь предполагают разместить отель на 2400 номеров, помещение для международного торгового центра и выставок, зал заседаний, 800 квартир, магазины и театры.

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, влияют на прием телепередач. Особенно опасны пожары в них.

Большинство западных специалистов считают, что практически нет смысла забираться выше 50 — 60 этажей. Более высокие здания нерентабельны.

ОСТАНКИНСКАЯ ИГЛА

Высотные сооружения типа башен имеют разное назначение, в основном инженерное — в качестве радио- и телевизионных башен. К выдающимся образцам, кроме башни Эйфеля, относятся 148-метровую стальную радиобашню оригинальной конструкции инженера В.Г.Шухова в Москве, построенную в 1921 году. Изобретатель создал простую и высокоэкономичную сетчатую конструкцию — “паутину” из стали.

Копия Эйфелевой башни появилась в 1958 году в Токио: высота 333 метра, а масса стальных конструкций 4 тысячи тонн. За счет применения высокопрочной стали она кажется прозрачной. Скоростной лифт за одну минуту поднимает на первую площадку: 150 метров. Потом по железной лестнице можно подняться выше.

Одной из интересных достопримечательностей Берлина является вторая по высоте в Европе 365-метровая телевизионная вышка. Два скоростных лифта большой грузоподъемности доставляют любителей “заоблачных высот” в огромный шар из нержавеющей стали и стекла. На высоте 203 метра расположены смотровая площадка и вращающееся кафе на 200 мест. Общая масса всей башни 26 тысяч тонн. Только в одном шаре с площадкой и кафе 600 тонн стальных конструкций. Башня является уникальной ла-

бораторией для испытаний конструкционных материалов. Многие компоненты этого строения сделаны из армированных пластмасс и стекловолокна. Как показывают исследования, проведенные учеными ГДР в 1983 году, за 14 лет эксплуатации башни пластиковые детали продемонстрировали удивительную прочность и практически не деформировались, несмотря на необычайно высокие нагрузки.

В Ленинграде возведена 315-метровая телебашня из металла. Основа башни — ствол, в центре которого два скоростных лифта. Но самое примечательное в этой башне то, что она в шесть раз легче Эйфелевой и втрое — 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 году высотное первенство заняла необычной конструкции Останкинская игла, высота которой 533 метра, масса более 32 тысяч тонн.

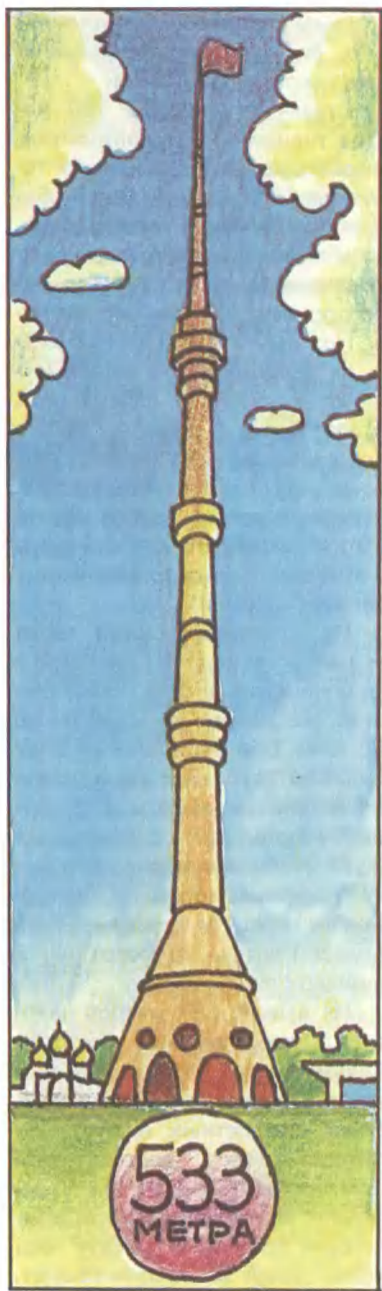
Башня возведена на монолитном кольцевом железобетонном фундаменте, в котором создана система кольцевой напряженной арматуры. Она состоит из 104 пучков, в каждом пучке по 24 стальных проволоки диаметром 5 миллиметров. Каждый пучок натянут гидравлическим домкратом с силой 60 тонн.

Фундамент обеспечивает устойчивость башни на опрокидывание с шестикратным запасом.

Стальные мускулы 150 канатов толщиной 38 миллиметров каждый держат московскую телебашню с огромной силой. Основное назначение стальных канатов — уменьшить деформацию от ветровых нагрузок и от одностороннего солнечного нагрева. Поэтому канаты расположены на расстоянии 50 миллиметров от внутренней поверхности ствола. Каждый канат — “коса”, сплетенная из 269 проволочек диаметром по 1,8 миллиметра. Разрывное усилие одного каната 120 тонн, а их 150 штук. Башню постоянно сжимает гигантское усилие.

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

На высоте 337 метров находятся трехэтажный ресторан “Седьмое небо” и смотровая площадка. К услугам посетителей четыре скоростных лифта — за полторы минуты доставят они к смотровой площадке и к ресторану. Для лучшего обозрения ресторан вращается вокруг оси башни, делая за час один оборот.



Останкинский телецентр обеспечивает надежный прием в радиусе 120 — 130 километров. 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 год. Проектанты рассчитали надежность башни на 300 лет. Для гарантии ведется строжайший и постоянный контроль всех металлических конструкций, тросов, каждой стальной детали.

Ученые используют телебашню как высотную лабораторию. Чтобы попасть к ним, надо преодолеть сотни ступеней вертикальной лестницы от отметки 444 метра, куда вас доставит лифт со скоростью 7 метров в секунду. Лаборатория фиксирует температуру и влажность воздуха вокруг башни, скорость и направление ветра, атмосферное давление, структуру облачности, солнечную радиацию. За минувшие 15 лет в Останкинской башне произошло немало изменений. Начала работать новая лаборатория по наблюдению за состоянием воздушного бассейна Москвы. Центральная высотная гидрометеорологическая обсерватория получила новый вычислительный комплекс. За счет удлинения антенны башня поднялась еще на семь метров. Теперь общая ее высота 540 метров 74 сантиметра.

С развитием радио и телевидения растет число высотных

“рекордсменов”. Самые высокие радиомачты мира: мачта в Фараго (США, 628 метров), мачта радицентра в Константынове (ПНР, 646 метров). Польская стальная антенная мачта состоит из 86 звеньев общей массой 420 тонн. Звенья сделаны из стальных труб сечением 245 и 133 миллиметров с переменной толщиной стенок. Мачта опирается в одной точке на изолятор внушительных размеров и удерживается несколькими ярусами стальных оттяжек. Внутри мачты — лестницы и грузо-пассажирский лифт.

Специалисты работают над проектом 1000-метровой метеорологической стальной мачты. При создании проекта уникальной башни был решен ряд проблем. Созданы, например, новые марки стали повышенной прочности и атмосферостойкие. Металл обладает ценным свойством: на его поверхности под влиянием влаги и воздуха образуется особая пленка, которая защитит мачту от коррозии.

Особое внимание уделяется поиску конструктивной формы ствола стальной иглы. Устойчивость ее будет обеспечена с помощью вантовой системы в виде стальных тросов-оттяжек. Диаметр ствола у основания 10 метров, у вершины 7 метров, масса конструкции около 8 тысяч тонн, она легче Эйфелевой башни, которая в три раза ниже. Не забыта и эстетическая сторона: конструкция на вид будет легка, изящна, красива.

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. В Советском Союзе нефтяные промыслы появились прямо в море. Это известные всему миру Нефтяные Камни на Каспийском море.

В июне 1985 года отмечалось 35-летие основания Нефтяных Камней. Когда сюда прибыли первые разведчики, здесь были лишь черные скалы и остатки разбившихся кораблей. Сейчас Нефтяные Камни огромное промышленное предприятие, расположенное на эстакадах длиной свыше 300 километров и на отдельных искусственных островах. Здесь имеются спортивные площадки, Дом культуры, магазин, школа, многоэтажный каменный жилой дом.

Морские промыслы пополняются новой металлической техникой. Сначала на Каспии действовала плавучая буровая установка Хазар, состоящая из понтона со стальными опорами, которые при транспортировке поднимаются над водой, а при монтаже опускаются на дно. Каждая из четырех опор весит 625 тонн. Потом появилась плавучая буровая установка Баки с 54-метровой вышкой на ее

палубе для подъема и опускания бурильных труб. В 1981 году вышла на испытание плавучая буровая установка Шельф-1. Она смонтирована на двух понтонах. Эта установка дает возможность бурить скважины глубиной до 6 тысяч метров при толщине воды до 200 метров.

Постоянный рост нефтяной индустрии морей отмечается за последнее время во всем мире. Ученые предполагают, что около 40 % неразведанных мировых запасов нефти находятся на дне морей и океанов. Уже 45 стран мира проводят работы в открытом море, используя более 250 морских буровых установок. На морские месторождения приходится около 25 % мировой добычи нефти.

Для освоения перспективных месторождений разрабатывают совершенно новые сооружения. Так, специалисты английской фирмы "Шелл" считают, что на глубинах до 300 метров удобно применять обычные платформы с опорой на дно. А на глубинах 300 — 460 метров лучшие перспективы у платформ башенного типа — их разрабатывает фирма "Эксон". Несущую конструкцию будут удерживать в вертикальном положении 20 стальных оттяжек диаметром 13 сантиметров. В основании башни с поверхности будут забиты в дно 8 стальных свай, отдельные секции которых свариваются на дне моря.

Но для глубин более 600 — 750 метров подобные платфор-

мы непригодны. Как быть на более глубоководных участках? И тут предлагают свое довольно дерзкое решение конструкторы. Полагают, что наиболее целесообразно будет использовать подводные сооружения с системами добычи нефти, управляемые дистанционно с поверхности моря. На мелководных участках проходят проверку около сотни подводных систем добычи нефти. Одна из них испытывалась на глубине 610 метров и, как считают, применима для глубин до 1525 метров, которые, видимо, являются предельными для бурения нефти. Буровые уходят в глубину.

Освоение океана является новой перспективной областью применения стали. Значительные количества ее будут использовать на морских промыслах нефти и природного газа; для добычи ископаемых со дна океана; в создании рыболовных хозяйств; для строительства опреснительных установок и электростанций, использующих энергию океана; строительства различных плавучих сооружений, причалов, подводных туннелей, объектов морского туризма, а также для изготовления судов и оборудования. Океан становится новым рынком стали.

СМЕЛЫЕ ПРОЕКТЫ

Появилось немало технических проектов, осуществление которых возможно только благодаря применению металлических кон-

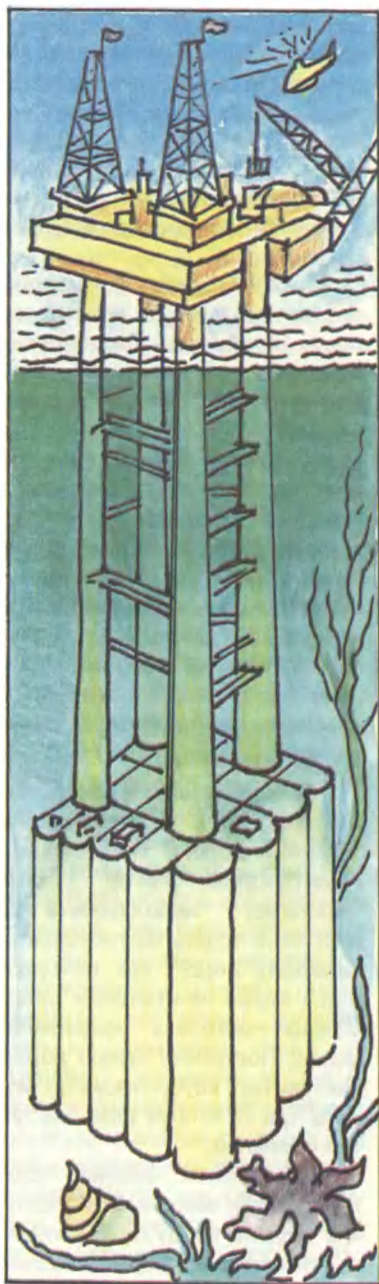
струкций гигантских размеров. Все настойчивее предлагаются различные проекты плавающих городов в Японии, Англии, США.

Первый плавучий город спроектирован американскими инженерами. Искусственный остров укрепят на 30 бетонных "поплавках" высотой по 70 и диаметром 27 метров. 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.

Судостроительные фирмы Японии предложили проект плавающих островов в виде огромных стальных платформ водоизмещением от 1 до 10 миллионов тонн. На них можно разместить фабрики и заводы самого различного назначения.

Английские и голландские фирмы разработали конструкцию 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 метров и диаметром 29,3 метра предназначена для хранения нефтепродуктов. В средней части размещаются насосное и другое оборудование, а в верхней — водолазное снаряжение, управляющие устройства, жилые помещения и якорные приспособления.

Движение между Токио и Осака возрастает в таком оше-



ломляющем темпе, что возник проект соединения двух городов гигантским транспортером. "Лентострада" длиной 250 километров будет работать круглые сутки, перевозя со скоростью 30 километров в час грузы в контейнерах массой 600 килограммов.

В СССР подобный движущийся тротуар есть в новом аэропорту Ленинграда. Пассажирский конвейер представляет собой стальную, обрезиненную с двух сторон ленту. Четыре таких тротуара длиной 170 метров каждый доставляют пассажиров из главного корпуса аэропорта в здания, расположенные близко от летного поля. Пассажиры по специальному туннелю передвигаются по движущейся ленте к зданию нужной авиалинии. Тротуар огражден такими же, как в метро перилами. Ширина его 80 сантиметров.

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

Английская фирма "Джон Уэст дизайн ассошиэйтс" построила модель воздухоплавательного аппарата, по форме похожего на "летающую тарелку". Эта мо-

дель диаметром 10 метров имеет по окружности несколько двигателей. Внутри нее заключены пластмассовые баллоны с гелием. В испытательных полетах ею будут управлять по радио с земли.

Если испытания пройдут успешно, фирма намерена построить для коммерческой эксплуатации "летающую тарелку" диаметром 230 метров и массой 800 тонн. Конструкторы утверждают, что она будет развивать крейсерскую скорость 160 километров в час. На ее борту можно будет разместить 1600 пассажиров и 400 тонн груза.

Английский инженер Фришман предложил проект городов-башен высотой 3200 метров на полмиллиона человек. Каждое здание имеет 850 этажей. "Сегодня это может показаться нереальным, — пишет архитектор Г.Б.Борисовский, — но завтра, когда прочность стали под действием облучения нейтронами увеличится в сто раз, когда строительные материалы из пластмасс станут легче воздуха (к этому идет дело), — "висячий" город с висячими садами может стать реальностью".

Такова роль металла в осуществлении строительных идей настоящего и будущего.

ЧУГУН СПОРИТ СО СТАЛЬЮ

Есть у писателя Евгения Пермяка сказка "Чугун и Сталь". В ней хорошо описаны "родственные связи" Чугуна и Стали.

"Пролилась огневой струей

из жаркой печи горячая Сталь. Засверкала золотыми звездами, остыла дорогими 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 отколюсь! 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 сталью", гласит киргизская пословица. Но в наши дни эти утверждения иногда не соответствуют истинным качествам чугуна.

Чугун — полупродукт для производства стали, но не только. Интересно, 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 год) 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, большое 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 делает металлическую основу 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 энергичное 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, клочкотал; в ковше резко повышалась температура. Остывший металл подвергли точному анализу и 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 в три раза.

Работы по дальнейшему увеличению прочности чугуна продолжают. Ученые Киевского политехнического института предложили обрабатывать расплавленный металл электрическим током. Они пропускали его через расплав, когда металл кристаллизовался.

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? Исследовав образцы под микроскопом, ученые увидели, что углерод в них распределен равномерно в виде еле заметных штрихов. Это изменение структуры и упрочило металл, сделало чугун прочнее... чугуна.

Известно, что сталь тверда, чугун хрупок, алюминий мягок. Советские ученые создали чугун, имеющий некоторые свойства алюминия.

Десять лет трудился над этим вопросом главный инженер лауреат Ленинской премии Б.П. Платонов. Он был убежден, что моторы можно сделать легче и компактнее, если изменить 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 изделия, равные по весу алюминиевым.

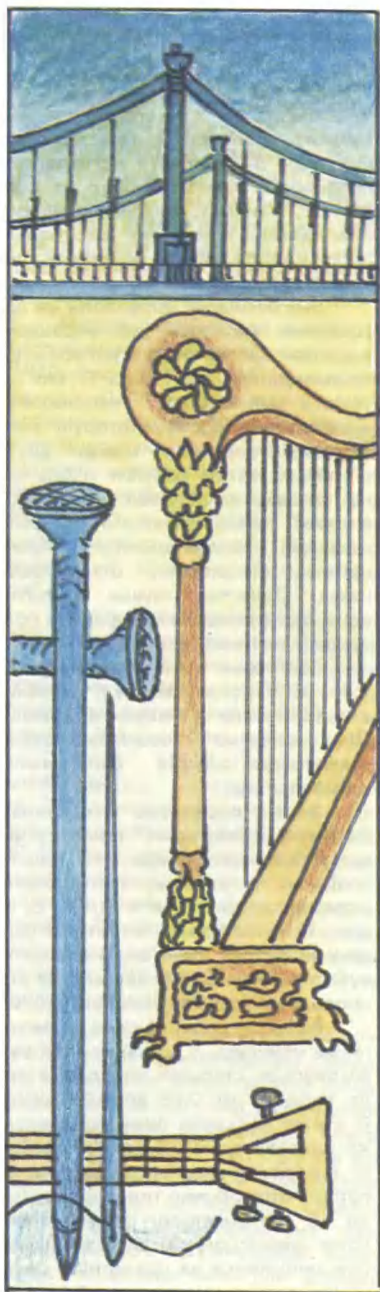
Прочность чугуна зависит от его графитовой структуры. В особо прочных тонкостенных отливках графит должен содержаться в виде мельчайших шариков, тогда как в толстых деталях имеет форму пластинок. Значит, проблема сложных многопрофильных изделий с тонкими стенками состоит в том, чтобы найти способ постепенного,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

Ученому удалось найти прямую зависимость структурной формы графита в чугуне от скорости остывания отливок, 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.

В доменных печах обычно выплавляют чугун двух видов — передельный, который перерабатывают в сталь, и литейный — его отправляют на заводы для отливки деталей различных машин. При переводе печей с плавки передельного чугуна на литейный производительность агрегатов снижается на четверть, растёт расход кокса. Ученые разработали и внедрили несколько вариантов производства "синтетического" литейного чугуна. Цель — сократить потери металла и топлива. В домнах плавят передельный чугун и вводят в него специальные добавки. Получается металл, по качеству превосходящий литейный. В нем значительно меньше раковин, а твердость гораздо выше, поэтому на него большой спрос у машиностроителей.

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



ПРОВОЛОКА И ЕЕ СЕМЕЙСТВО

Металлическое изделие в виде гибкой нити или тонкого прута, известного 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 и железа для изготовления кольчуги производилось до X века. Позже для таких целей стали использовать волоочильную доску, которую волоочильщик укреплял между двумя столбами, затем садился перед нею на качели, захватывал конец проволоки прикрепленными к поясу клещами у самой доски и, упираясь ногами в столбы, отталкивался назад. Отпустив клещи и согнув ноги, он возвращался в прежнее положение и начинал снова.

Волочение железа появилось в XIII—XIV веках сначала в Германии, а в 1590 году в Англии и Франции. Оно вызвало совершенствование технических средств волоочильного производства.

Форма проволоки усложнялась. Появилась волооченая четырехугольная сталь, квадратная или плоскоугольная в разрезе, конусовидная колесная проволока с 6, 7, 8, 10 или 12 желобками. От этого поперечный разрез имел вид маленького зубчатого колеса. Часовщики из этой проволоки делали часовые колеса.

Размеры проволоки со временем также менялись. В середине XIX века английская стальная проволока имела толщину от 0,48 до 0,03 дюйма. В конце XIX века диаметр проволоки колеблется от 0,5 до 0,004 дюйма. В настоящее время проволока изготавливается обычно толщиной от 0,01 до 16 миллиметров, причем проволока диаметром более 5 миллиметров получается на прокатных станах и называется горячекатаной или ка-

танкой. Проволока диаметром меньше 5 миллиметров изготавливается путем волочения катанки и называется холоднокатаной. Катанку после горячей прокатки травят в слабом растворе серной кислоты, известную для лучшей смазки и затем волочат на однократном волоочильном стане. Катанка разматывается с мотка, проходит через волоку и наматывается на тянущий барабан.

Волоочильщик проволоки изучает основы технологического процесса обработки металла волочением, устройство и принцип работы волоочильных станков, физические свойства употребляемых металлов, электротехнику и слесарное дело, виды и качество слесарных 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), игловая, 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 другие хрупкие материалы.

В Братиславе (ЧССР) создали материал флексипен — полиэтиленовая пленка, армированная тонкой стальной проволокой. Благодаря ей срок службы пленки увеличился в 6 раз. Такая пленка пригодна для сооружения парников, крыш для временных мастерских и хранилищ зерна.

Американские специалисты предложили делать покрытия аэродромных полос из железобетона, армированного стальными волокнами — обрезками очень тонкой и короткой

проволоки. Испытания показали, что такое покрытие не разрушается от перепадов температур, выдерживает большие нагрузки, долговечнее обычного.

Из стальной проволоки ткнут полотно. Металл есть металл: ткать его значительно сложнее, чем хлопок или шерсть. Но очень высока практическая ценность микросетки, незаменимой в медицине, химической технологии, при создании электросчетной техники, установок по очистке сточных вод; в мукомольной промышленности она позволяет повысить выход муки высшего сорта.

По производству проволоки и изделий из нее Советский Союз занимает первое место в мире. Особенно увеличился выпуск канатной и пружинной проволоки, проволоки для металлокорда, для армирования железобетонных конструкций, из нержавеющей стали, биметаллической сталемедной. В СССР освоено производство тончайшей проволоки с временным сопротивлением разрыву около 4000 МПа, в лабораторных условиях получена проволока с временным сопротивлением около 5000 МПа. По данным Института металлофизики АН УССР, имеется возможность изготавливать из сплавов на основе железа проволоку с временным сопротивлением более 13 000 МПа.

КАНАТ

Классификатор изобретений СССР, охватывающий все области технического творчества, содержит всего 90 классов. Один из них занимают канаты. Они применяются в грузоподъемных и транспортных машинах, используются и для технических целей.

Канаты имеют давнюю историю. В древности это было просто связанные пучки проволоки. Витые канаты из органических волокон и металлических цепи удовлетворяли промышленность в течение многих веков, вплоть до XIX века. изобре-

тение подъемных машин требовало более прочных канатов.

Проволочный витой канат впервые предложил немецкий коммерции советник Альберт в 1834 году. Канат свивался вручную из двенадцати 3,5-миллиметровых 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 году в Банска-Штьявице (Словакия). До 70-х годов XIX века проволочные канаты подвергали только конструкционным изменениям и продолжали изготавливать из мягкой железной проволоки с пределом прочности 500 — 700 МПа. Появились шестипрядные канаты крестовой свивки из многопроволочных прядей.

Литую сталь начали использовать для производства канатной проволоки в 1870 — 1871 годах. Повышение прочности канатов стало возможным благодаря улучшению качества проволоки. В энциклопедическом словаре "Гранат" (1913 год) упоминаются канаты, которые свивались из 300 тонких проволок и имели толщину до 40 миллиметров. А через 40 лет Большая Советская Энциклопедия сообщала о канате из 17 500 проволок диаметром 0,3 миллиметра каждая. Толщина таких канатов, используемых для подвесных мостов, достигает 1500 миллиметров, а прочность на разрыв 96 тысяч тонн.

Россия проволочные канаты почти полностью импортировала. Пионером в создании отечественной сталепроволочной и канатной промышленности является московский завод "Серп и молот". К 1940 году эта отрасль промышленности полностью удовлетворяла потребности страны.

У каната есть необычные профессии. Создан оригинальный механизм — канатная пила для добычи мрамора и гранита. С ее помощью

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 1200 — 2100 МПа, а иногда и до 3500 МПа, применяют на подвесных канатных дорогах. К 1900 году в мире насчитывалось около тысячи грузовых канатных дорог, а в настоящее время их несколько тысяч. В дореволюционной России начиная с 70-х годов XIX века было построено более ста грузовых канатных дорог, а сейчас в СССР их работает более 500. Общая длина "висячих" дорог достигает тысячи километров, объем перевозок свыше 450 миллионов тонн грузов в год.

Первые пассажирские канатные дороги появились в 90-х годах XIX века, но возможности применения были ограничены из-за несовершенства тяговых устройств. В СССР первая такая дорога построена в 1941 году. Сейчас лишь в одной Грузии их функционирует 36. Канатная дорога выручает и шахтеров. Горняки Ткибули, Ткварчели опускаются более чем на 600 метров в удобных подвесных креслах.

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

Ванты — оттяжки из стального каната, которыми производят боковое крепление каких-либо конструкций. При сооружении вантового перехода (моста для труб газопровода) над Аму-Дарьей использовали предельно напряженные вантовые элементы общей массой 250 тонн. Верхний пояс вантовых ферм состоит из 16 стальных несущих канатов и 4 дополнительных береговых канатов-оттяжек. Диаметр канатов 59

миллиметров, длина 675 метров, масса 10 тонн. Разрывное усилие каждого каната 2250 кН.

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

Одним из последних висячих мостов считают мост через Босфор в Стамбуле. Его шестиколонная проезжая часть шириной 33 метра подвешена на высоте 64 метра над уровнем моря на двух стальных канатах, протянутых между 165-метровыми пилонами. Висячая часть моста длиной 1074 метра собрана из трехметровых полых стальных ячеек, к которым приварены дорожки для пешеходов. Толщина покрытия проезжей части моста всего 12 миллиметров. Несущие канаты диаметром 60 сантиметров выдерживают нагрузку 280 МН и состоят из 19 отдельных тросов, каждый из которых содержит по 550 проволок диаметром 5 миллиметров. Общая длина проволок — 50 тысяч километров.

СТРУНА

Вы слушаете оперу 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. Но не все струны изготавливают из стальной проволоки. Они могут быть медные, жильные и даже капроновые и нейлоновые. Есть струны сложные — стальная основа обвита мягкой металлической проволокой, так называ-

емой канителью, для изготовления которой применяют красную медь, серебро, сплавы меди и никеля. Но все-таки главным образом в современных музыкальных инструментах применяют стальные струны.

Какую же проволоку используют для этих струн? Вероятно, музыкантов меньше всего интересует высокая 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 требования высокой механической прочности.

Оказывается, в таком инструменте, как фортепьяно, струны натянуты с таким усилием, что его чугунная рама испытывает нагрузку в 200 кН. Рабочее удельное напряжение струн пианино, рояля, а также первой струны мандолины и домбры доходит до 2000 МПа, то есть близко к пределу сопротивления на разрыв лучшей стали. Показатели на разрыв фортепьянной проволоки обычно составляют 2350 — 2600 МПа. Выходит, что 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, то есть разности величин двух взаимно перпендикулярных диаметров — не более 0,005 мм. Исключительное значение придается упругости металла. В ГОСТе указано, что при разматывании с мотка проволока не должна свертываться в кольцо диаметром менее 400 миллиметров. Число скручиваний двух 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



предъявляют к струнной проволоке, ибо струны смычковых инструментов пригодны в том случае, если они будут издавать звук нужной силы. Исследования свойств поющей стали продолжают металлурги, ученые, музыковеды.

"Кузница" звуков рояля обеспечивает свыше 200 струн, и каждая имеет свой "голос" в зависимости от диаметра, длины и силы натяжения. Долгое время полагали, что звучание проволоки зависит в основном от ее натяжения и упругости. Однако оказалось, что продолжительность звучания 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, нужны особая технология и режимы термообработки металла. Исследователи воспользовались своим открытием. Теперь на заводе клавишных инструментов "Красный Октябрь" на пианино ставятся струны из новой фортепьянной проволоки.

Струны используют не только в музыкальных инструментах. Свойство струны при разных натяжениях издавать звуки разной тональности учили инженеры при создании измерительных приборов, например струнных гальванометров. Рояльную проволоку используют для растянутых элементов бипланов.

Струны предвзвешенно напряженных панелей — изделие не из самых сложных. Но растущее 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.

В Институте технологии машино-

строения Вроцлавского политехнического института (ПНР) создали устройство, с помощью которого хрупкие материалы и сверхтвердые сплавы разрезаются на части струной из мягкой стали диаметром 0,3 — 0,6 миллиметра. Струна приводится в движение со скоростью 8 метров в секунду и захватывает масляную пленку со взвешенными в ней частицами карборунда. Процесс быстрый и потери ценных веществ минимальны — ни стружки, ни опилок почти нет.

ГВОЗДЬ

Сколько стоит гвоздь? Полтора лет назад за горсть гвоздей в казахских степях можно было получить целого барана. Английский путешественник XVIII века Кук рассказывал, что туземцы полинезийских островов охотно давали ему за один гвоздь пару свиней. А сейчас за 10 копеек продавец отвешивает целую пригоршню гвоздей.

Родословная всем известного гвоздя начиналась с костей рыб и шипов колючих растений, которыми первобытные люди скрепляли части построек, орудия труда. Это подтверждает и сложная этимология слов.

Гвоздь — "заостренный стержень" — по корню праславянское слово. Первоначальное значение этого слова, вероятно, "лесистая возвышенность", "лес", "дерево", "кусок дерева", "деревянный острый кол", "гвоздь из дерева".

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

В традиционном своем виде (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 веках, но производство их появилось раньше, ибо в этот период уже появлялись ремесленники-гвоздари.

Патент на первую машину для изготовления железных гвоздей получил в 1606 году англичанин Бульмер, но в практику она не вошла. Только в 1790 году Паркинс придумал действительно годную машину, которая в начале XIX века после усовершенствования получила большое распространение. На таких машинах получали более сотни гвоздей в минуту.

Современное производство оснащено автоматическими гвоздильными машинами для получения провололочных гвоздей. На них делают гвозди размером от 0,6 x 7 до 8 x 250 миллиметров. Машины выдают более одной тысячи штук в минуту.

В наши дни ассортимент гвоздей очень широк. По назначению они бывают строительные, кровельные, толевые, отделочные, обойные, декоративные, штукатурные, шиферные, подковные, корабельные, баржевые и длиной от 5 до 500 миллиметров. Основная масса гвоздей изготавливается из мягкой стали.

Модернизация гвоздя, этой простейшей крепежной детали, происходит в наши дни. В ГДР производят мебельные гвозди и шурупы из малоуглеродистой стали в тонкой полимерной оболочке — они не ржавеют и не портят дорожку древесины. 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.

А можно ли делать гвозди из металлической стружки? Обычно стружку отправляют на переплавку. Однако английские инженеры нашли ей иное применение: после прессовки под давлением 600 МПа стружка превращается в плотную, почти неотличимую от сплошного металла массу.

из которой получаются неплохие гвозди. Можно использовать и старые консервные банки — результат будет тот же.

ИГЛА

Игла — инструмент для шитья, которым прокалывают материал и протягивают нить. Это орудие, необходимое для пошива одежды и обуви, было известно еще в древности. Уже тогда из рыбьих и других костей изготавливали иголки с ушком, просверленным осколком кремния. Затем появились бронзовые иголки и булавы. 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, стали производить иголки и булавы. Утверждают, что первые стальные швейные иглы в Европу доставили арабы.

С конца XIV века стальные иглы стали изготавливать в Нюрнберге; до этого славилась иголки испанские. В Англии производить стальные иглы стали только в XVII веке, хотя булавы там делали раньше, а в 1483 году ввоз булавок был даже запрещен.

В Россию купцы-ганзейцы привозили иголки "любские" из города Любека. Но потом их стали делать сами русские. Так, в 1677 году по описи в Мещанской слободе Москвы было пять игольных мастеров. Но и задолго до этого на Руси иголку уже ковали из бронзы и железа, а в богатых домах пользовались дорогими серебряными иглами.

Долгое время иголки изготавливались вручную. Ушко делать мастера сначала не умели, они попросту загибали кончик проволоки. В XIV веке французский мастеровой Аршал придумал для нужд игольного дела волоочильную доску. Это простое приспособление сразу изменило весь про-

цесс изготовления игл, заколок, булавок.

Чертежи машины для производства игл создал еще Леонардо да Винчи, но делать их начали только в XIX веке в Англии. Появились ручные приспособления, станки.

Приблизительно 200 лет назад один ремесленник мог изготовить в день не более 20 обыкновенных иголок. Ему приходилось делать все самому — от заготовок до заточки острия иголки. После промышленной революции небольшая игольная мануфактура с 10 рабочими выпускала уже 8 тысяч иголок в день. Каждый работник выполнял одну какую-нибудь операцию: заготовлял проволоку, разрезал ее на куски. К тому же появились станки, приводимые в движение паровым двигателем. Сегодня автоматические станки выпускают сотни тысяч иголок в смену. Один современный станок-автомат с числовым программным управлением, изобретенный уже в годы НТР, дает возможность увеличить выпуск продукции еще в 4 раза.

Изготовление иголок является довольно сложным процессом. Специальную игольную проволоку металлурги готовят из качественной углеродистой инструментальной стали, выплавляемой в электропечи. Она должна быть светлой, гладкой диаметром 0,25 — 5 миллиметров. 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, раковин, ржавчины и других дефектов.

Готовые иглы подвергают строгому испытанию — проверке на изгиб и твердость. При изгибе до 10 градусов швейная машинная игла не должна приобретать достаточную деформацию. Только при изгибе от 18 до 30 градусов хорошая игла ломается. Ручная швейная игла должна ломаться только при изгибе на

30 — 40 градусов. 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.

Каких только видов иголок не изготавливают: швейные, штопальные, вышивальные, шорные, скоряжные, мешочные, парусные... Колумбийский игольный завод выпускает, например, 25 видов швейных игл ежегодно до одного миллиарда штук. Артинский механический завод на Урале производит не менее 260 миллионов машинных игл в год. Игольно-платиновый завод им. КИМ дает потребителям около 300 типоразмеров ткацких иголок в миллионных тиражах.

Самые маленькие в мире иголки для шитья изготавливают в ГДР. Их делают из нержавеющей стали под лупой. Диаметр иголки 0,18 миллиметра, а длина 9 — 10 миллиметров.

Для хирургов производят 18 различных типов иголок. Одни имеют длину от 6 до 140 миллиметров и диаметр от 0,20 до 2,20 миллиметра. Самые маленькие в мире хирургические иголки, которыми можно зашивать разрезы роговицы на глазу, изготавливают в Ихтерсхаузене (ГДР). Полукруглую иглу длиной около 6 миллиметров и диаметром 0,2 миллиметра можно использовать для 20 операций. Необходимо немалое искусство, чтобы вдеть в эту иглу нитку из синтетического материала толщиной 0,03 миллиметра.

ПИСЬМО НА ЖЕЛЕЗЕ

“Бирмингемский журнал” в Англии получил из американского города Питтсбурга следующее письмо, написанное на листе металлической бумаги:

“В номере вашего журнала, вы-

шедшем 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 Питсбурге. Я думаю, что он представляет самый тонкий образец 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”.

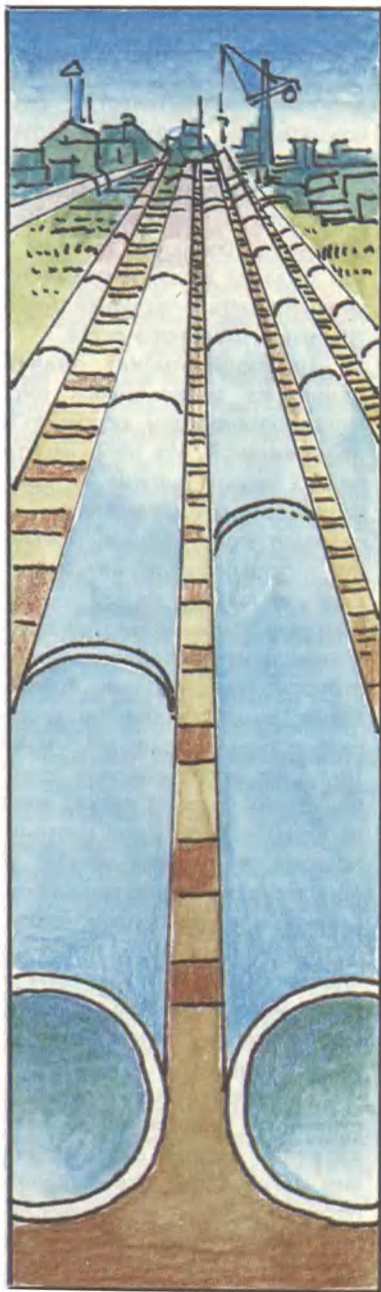
До этого времени самый тонкий железный лист в Европе был получен на бельгийском заводе: толщина его 0,07 дюйма. Американский же лист с письмом был не толще 0,001 дюйма, то есть около 0,025 миллиметра.

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 сантиметра), надо было положить 2 тысячи таких листов друг на друга. Эти листы были в два раза тоньше американского.

Пробовали получать и стальные тонкие листы. Так, заводчик Гиллот из Бирмингема получил три стальных пластинки, средняя толщина которых соответствовала 0,18 дюйма.

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

Во второй половине XIX ве-



ка главной продукцией прокатного производства были рельсы. Но в начале XX века железно-дорожное строительство резко сократилось. Возникли другие области использования проката, и тогда появилась большая потребность в листовом металле. Особенно большое влияние на это оказала автомобильная промышленность — крупнейший потребитель стального листа.

Листовой прокат является одним из экономичных видов металлопродукции, особенно холоднокатаной. Из него изготовляют весьма легкие и самые разнообразные штампованные и сварные конструкции, применение которых вместо литья уменьшает их массу на 30 — 50 %. Сварные трубы и многие другие профили, изготавливаемые из листового проката, как правило, более тонкостенные по сравнению с горячекатаными, и поэтому их использование взамен последних снижает расход металла на 10 — 15 %. Доля листового проката в общем объеме его производства постепенно повышается и в некоторых странах она составляет 50 %, что объясняется быстрым развитием капитального строительства, автомобильной и консервной промышленности.

Примером значительных достижений советских листопрокатчиков может служить история организации отечественного производства высококачественной кинескопной стали. Была получена 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 с помощью 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 сильную лупу. А как их сделать? Как получить тончайшую стальную ленту шириной более 60 сантиметров и длиной 3 километра? 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 установлен специализированный 20-валковый стан 700, обеспечивающий высокую стабильность технологических параметров прокатки. Новая технология дает отклонения по ширине ленты не более 1 мкм, а по длине — не более 8 мкм при длине в 3 километра! Производится тончайшая (всего 150 мкм) стальная лента с микронной разнотолщинностью, тонкая, как бритвенное лезвие. Края листа зеркально блестят, а вся середина...

прозрачна. Только при очень внимательном осмотре можно понять, что лист пронизан множеством микроотверстий.

На Ленинградском сталепрокатном заводе 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. В руках такая лента кажется кусочком воздушного шелка, а не металлом. Пробеушь на разрыв, не тут-то было: требуется большое усилие. Инженеры завода совместно с коллегами из ВНИИметмаша спроектировали и изготовили стан для прокатки сверхтонкой ленты. 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 маленьких ящиках лежат валки разного диаметра и другие узлы. Продукция тоже занимает мало места: за смену опытный вальцовщик выдает несколько десятков граммов проката.

Прокатка на таком стане — дело тонкое, почти ювелирное.

Надо быть собранным и внимательным, чтобы точно настроить клеть, уловить момент начала операции, подать на ленту равномерное натяжение.

На "Запорожстали" работает 20-валковый стан для прокатки нержавеющей стали с особенно высоким качеством поверхности — до 9-го класса чистоты. Благодаря жесткой системе опорных валков доведена до минимума разница в толщине полос. С пуском стана стало возможным расширение сортамента нержавеющей стали. Стан обслуживают всего три человека: два оператора и старший вальцовщик. Они руководят процессом прокатки с помощью дистанционного управления.

В ходе работы запорожские металлурги повысили класс поверхности листа и создали полированный с двух сторон лист нержавеющей стали: он сверкает, как зеркало. До недавнего 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 13-14-го класса чистоты, не уступающих лучшим зарубежным образцам. а по отдельным показателям — твердости, износостойкости и

зеркальной отражаемости — превосходящих эти образцы. Государственная аттестационная комиссия присвоила пластинам — первому в нашей стране прокатному виду продукции — государственный Знак качества. Размеры пластин: длина 5690, ширина 1310, толщина 5 миллиметров. Вот на каком железе могут написать письмо современные листопрокатчики.

БЕЗ ТРУБ ТРУБА

Определение трубы как длинного полого устройства, обычно круглого сечения, предназначенного для подачи 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 наше время трубы с успехом заменяют колеса.

Однако нефтяные и газовые артерии — главные в трубопроводном транспорте сейчас. Нефть, бензин, керосин, дизельное топливо и газ перебрасываются на большие расстояния по всепогодным подземным магистралям. В СССР протяженность дальних магистральных трубопроводов превысила 225 тысяч километров — больше, чем железные дороги страны.

Советский Союз — единственная страна в мире, которая строит газопроводы диаметром 1420 миллиметров. По ним транспортируется более 40% добываемого газа. Учитывая, что в других странах строятся трубопроводы меньших диаметров и соответственно меньшей производительности, эффективная протяженность трубопроводов СССР, т.е. приведенная к базовому (среднему) диаметру и давлению зарубежных, фактически в четыре раза выше. Из таких труб сооружен магистральный газопровод Уренгой — Помары — Ужгород, досрочно сданный в 1983 году. Газопровод Сибирь — Западная Европа является одной из составных частей Энергетической программы СССР. Контракт "газ — трубы" на Западе справедливо считают сделкой века. Ее реализация рассчитана на 25 лет. Советский Союз обязался поставлять ежегодно в Западную Европу 30 миллиардов кубических метров газа.

Совокупность различных судов, труб и емкостей, так называемая "сосудистая система", становится важнейшей особенностью производства XX века и используется не только для транспортировки самых различных материалов. В ней осуществляются химические реакции, хранятся продукты технологических процессов. Она является хорошей базой для автоматизации и усиления технических основ производства.

Стальные трубы применяют

также в качестве прочного конструкционного материала. Начиная с прошлого столетия их использовали в различных отраслях техники. Трубчатые конструкции применяют там, где снижение массы является одним из важных принципов проектирования: дирижаблестроении, велосипедной и автомобильной промышленности, самолетостроении.

Многие отрасли народного хозяйства используют профильные трубы различного сечения. Каркасы автобусов, кресла самолетов, витрины магазинов и строительные конструкции, изготовленные из таких труб, красивы, прочны, экономичны. Потребность современной техники в стальных трубах огромна.

Трубная промышленность нашей страны создана по существу за годы Советской власти. В 1913 году Россия производила всего 67 тысяч тонн "сосудов" малого диаметра. В дни Первомайского праздника 1930 года на юге страны был досрочно введен в строй огромный по тем временам завод цельнокатаных труб для нефтяной промышленности. С пуском предприятия страна избавилась от необходимости ввозить трубы из-за рубежа. Еще до войны Советский Союз по производству стальных труб вышел на первое место в Европе. А с 1962 года наша страна выпускает их больше всех в мире.

Какой же технологией владеют современные прокатчики-трубники? Бесшовные "артерии"

диаметром 50 — 110 миллиметров с толщиной стенки 2 — 15 миллиметров получают таким методом: сначала круглый слиток или заготовку "прошивают" в бочкообразных косорасположенных валках, которые вращаются в одну сторону, а заготовка — в другую. Между валками на пути движения получающейся полой гильзы расположена оправа, калибрующая гильзу внутри. Затем гильза раскатывается на непрерывном стане, состоящем из нескольких пар валков, расположенных под углом 90 градусов друг к другу. Бесшовные трубы делают из углеродистых и легированных марок стали. 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 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.

Сварные трубы с прямым швом изготавливают из полосы малоуглеродистой стали, пропущенной через узкую длинную печь. Кромки полосы нагреваются до 130 градусов. При 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.

Электросварные трубы малых и средних диаметров применяют в химической промышленности и машиностроении, станкостроении, авиации, радиотехнике, атомной энергетике в основном для транспортировки жидких и газообразных веществ в качестве конструктивных элементов. Трубы средних диаметров применяют как конструктивные элементы при изготовлении велосипедов, автомашин, различных сельскохозяйственных машин. Трубы больших диаметров (426 — 1620 миллиметров 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. На Днепропетровском трубопрокатном заводе им. Ленина 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 эле-

ктронные 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.

В 1982 году был сдан в эксплуатацию новый трубоэлектросварочный цех на Выксунском металлургическом заводе. Впервые в мировой практике здесь не прокатывают, а собирают из отдельных колец-обечаек многослойные трубы. Каждая труба сваривается из семи частей, которые тоже не одинаковы. На торцах кольца однослойные, а пять внутренних обечаек свиты из нескольких слоев низколегированной листовой стали. В газопроводах из таких труб можно поднимать рабочее давление до 10 — 12 МПа и, следовательно, вдвое повышать производительность топливных артерий.

За разработку и промышленное внедрение технологии и комплекса машин для производства экономичных нефтегазопроводных труб ответственного назначения диаметром до 530 миллиметров коллективу ученых и производственников присуждена Государственная премия СССР 1983 года.

Кто-то образно заметил, что техника прошлого "ехала" на колесе, современная — на... тру-

бе. И действительно, современной технике без труб не обойтись. За ними большое будущее

СТАЛЬНОЙ ШАРИК

Сейчас в мире выпускают миллионы машин самых различных конструкций и трудно найти такую, в которой не было бы подшипников. Без подшипника не будет стремительного бега автомобиля, не взлетит самолет, будут неподвижны станки и машины. Появление шарикоподшипника явилось революцией в истории колеса.

Идею шарикоподшипника высказал в своих набросках еще Леонардо да Винчи. Первый патент получен в Англии в 1787 году. Однако начали изготавливать их в Германии в 1883 году на заводе Фишера во Франкфурте-на-Майне. Массовое применение шарикоподшипников началось с появлением велосипеда.

До революции шарикоподшипникового производства в нашей стране не было. Только в 1917 году в Москве появился небольшой завод известной шведской фирмы "СКФ", который работал на шведской стали.

"Даешь советский подшипник!" — многим москвичам старшего поколения памятен этот призыв времен первой пятилетки. Тогда на одной из окраин столицы рождался индустриальный гигант — Первый Государственный подшипниковый завод (ГПЗ-1). За 12 месяцев на болотном пустыре выросли огромные корпуса завода. За 3 — 4

месяца было установлено свыше тысячи сложнейших станков и машин. За девять месяцев 1932 года выпустили около 1 миллиона подшипников. В 1933 году с пуском второй очереди завод произвел 5 миллионов подшипников. "На наших шариках вся советская индустрия крутится", — слова рабочего ГПЗ-1 А.Власова верно говорят о значении и этого завода, и этой важной детали многих машин и механизмов.

На базе завода шведской фирмы "СКФ" был основан ГПЗ-2. В 70-е годы к нему сделали пристройку — под одной крышей громадного помещения площадью более 4 гектара собрали все цехи и участки. Здесь производятся шарики и ролики для многих отраслей машиностроения. Кстати, в шариковом цехе работают люди разных профессий: штамповщики, прокатчики, обкатчики шариков, термисты, шлифовщики грубой и тонкой шлифовки. Всю работу проверяет контролер ОТК.

В становление советской подшипниковой промышленности внесли свой вклад и советские металлурги. Они освоили производство отечественной шарикоподшипниковой стали. В мае 1930 года металлурги Златоуста получили от строящегося ГПЗ заказ на изготовление электростали 12 марок для шариков, роликов и колец. Сначала пришлось пригласить в качестве консультантов немецких специалистов.

С трудом осваивалось новое и сложное производство. Пришлось засесть за учебу — металлурги занимались в кружках, на курсах плавильщиков, в вечерних техникумах и вузах.

В 1931 году Златоустовский завод начал массовое производство советской шарикоподшипниковой стали. Советская металлургия освоила производство шарикоподшипниковой стали всех марок. Такая сталь у нас маркируется буквами ШХ (хромистая) и цифрами, показывающими среднее содержание хрома в десятых долях процента: ШХ6, ШХ9, ШХ15. При выплавке ее обращают особое внимание на чистоту металла, то есть на загрязненность неметаллическими включениями.

Многие годы занимался поисками более эффективной технологии выплавки шарикоподшипниковой стали профессор С.Г.Воинов. И только в 60-е годы он пришел к выводу, что шарикоподшипниковую сталь целесообразно обрабатывать синтетическими шлаками. Инженеры лаборатории рафинирования стали в ходе поисков установили, что наибольшее отрицательное влияние на величину контакта выносливости металла и долговечности качения подшипников оказывают силикатные и глобулярные включения. В связи с этим предложили новый способ производства шарикоподшипниковой стали.

По результатам исследования разработан и рекомендован

для промышленности новый синтетический известково-глиноземный шлак с повышенным содержанием кремния. Для существенного снижения содержания неметаллических включений в стали ШХ15 и повышения рафинирующих свойств синтетического шлака рекомендована добавка 2,5 — 3 % кальцинированной соды или эквивалентных количеств другого материала, содержащего окислы натрия или кальция.

Перед Великой Отечественной войной советская промышленность производила уже 45 миллионов подшипников. Советский Союз был единственным в Европе государством, которое во время второй мировой войны всю свою технику оснастило отечественными подшипниками. Теперь советские заводы производят около 1 миллиарда подшипников качения, экспортируют их в десятки стран мира. Заводы растут и совершенствуются. Во многих городах СССР появились предприятия, в названиях которых стоит все то же сокращение из трех букв "ГПЗ" с добавлением номера.

Предметом особой гордости коллектива ГПЗ-3 в Саратове стали сверхпрецизионные подшипники. Их точность в 5 — 8 раз превосходит уровень стандарта. Здесь впервые в нашей стране освоено производство так называемых глухих шарнирных подшипников, так нужных нашей промышленности. Саратовцы держат "монополию" в произ-

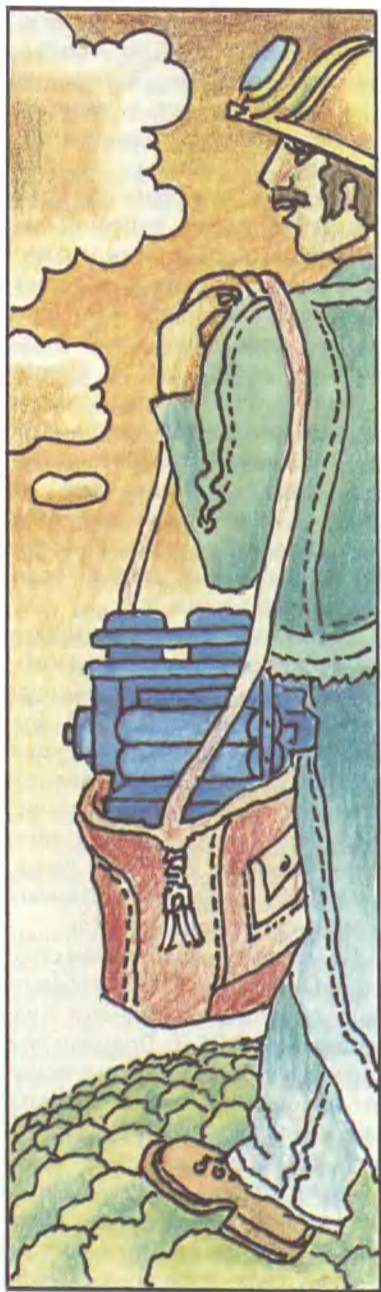
водстве таких изделий, как игольчатые подшипники со штампованными кольцами. Только на этом заводе делают и веретенные подшипники, предназначенные для текстильных машин.

Впервые саратовцы по своей инициативе ввели дополнительные нормы волнистости и гранности колец и шаров, которые ранее не учитывались. Как-то на заводе испытывали свой подшипник "46310 л", а вместе с ним такие же подшипники четырех зарубежных фирм Италии, Японии, ФРГ, Швеции. Четыре года крутились они на стендах. Затем были получены сравнительные результаты. И что же? Иностранные фирмы остались далеко позади.

Серийный выпуск шарикоподшипников для зерновых комбайнов освоил Харьковский подшипниковый завод (ГПЗ-8). Более совершенная конструкция уплотнительных шайб надежно защищает узел от проникновения пыли. Расчетная долговечность новинок 20 тысяч часов, что в 8 раз выше, чем у обычных комбайновых подшипников.

Ведущим предприятием страны по выпуску крупногабаритных подшипников является Куйбышевский ГПЗ-9. Подшипники опор для 80-кубового шагающего экскаватора имеют диаметр наружного кольца 2300, внутреннего 1800 миллиметров, масса каждого ролика равна 14 килограммам, а подшипника в сборке 2372,5 килограмма.

Крупные подшипники нуж-



ны для непрерывной разливки стали. Кроме высокой температуры, им приходится выдерживать солидные механические нагрузки. Специалисты института проблем материаловедения АН УССР разработали в 1983 году новый спеченный подшипниковый материал на основе железа с добавкой фторида кальция. Использование его в подшипниках позволяет повысить ресурс работы роликов нулевых секций установок в 2 раза, сократить простои и стоимость ремонтных работ, исключить затраты на смазку и существенно упрощает конструкцию узлов трения. Спеченные подшипники уже действуют на машине непрерывного литья заготовок на Новолипецком металлургическом комбинате — только за год они сэкономили более 175 тысяч рублей.

Волгоградский подшипниковый завод (ГПЗ-23) выпускает шариковые подшипники почти исключительно для автомобильной промышленности. В цехах установлено самое современное автоматическое оборудование отечественного производства.

Богат и разнообразен мир подшипников в современной технике! Без воздушных подшипников не обходятся высокооборотные устройства: гироскопы, скоростные бормашины, шлифовальные головки. Советские конструкторы заставили шлифовальный шпиндель вращаться на таких подшипниках со скоростью 600 тысяч оборотов в минуту. Для этого пришлось подавать

воздух в подшипники под давлением в 650 кПа. Изменением давления воздуха регулируют скорость вращения.

В технике нужны и миниатюрные подшипники. Для их производства создается специальное оборудование на Ленинградском станкостроительном объединении им. Свердлова. Станок с ювелирной точностью до десятых долей микрона обрабатывает подшипник, не превышающий по размеру спичечную головку. Для обработки столь мелких деталей недостаточно алмазного инструмента — ему помогает ультразвук. Высокочастотные колебания позволяют добиться зеркальной чистоты поверхности. Предприятие наладило массовое производство десятков типов автоматов. Они в первую очередь заменяют агрегаты с ручным управлением на ГПЗ в Томске и Куйбышеве.

В ГДР смонтирован подшипник массой 125 тонн. Он представляет собой обод, который охватывает барабан цементной печи и вращается с ним на двух опорных роликах. Диаметр внутреннего кольца 6 метров. В Швейцарии выпускают подшипники-малютки с наружным диаметром 1,1, миллиметра. В них находятся три стальных шарика диаметром 0,4 миллиметра каждый. Таких подшипников в спичечную коробку помещается 34 тысячи.

Стальные шарiki используют не только в подшипниках. С помощью стального шарика

определяется твердость металла по Бринелю. Мелкими стальными шариками, выпускаемыми из сопла дробеструйной установки, обрабатывается поверхность детали — она становится прочнее. Имеются шариковые редукторы и винты, шаровые клапаны.

Стержни для пишущих ручек имеют стальные шарiki. Казалось бы, что тут особенного — шарiki для авторучек? Но их изготовление требует огромной точности. Например, погрешности по диаметру могут составить не более одного микрона, а отклонение по сферичности три десятых микрона. Иначе в письме появятся "узелки" и микрокляксы. От размера шарика зависит легкость и ровность письма. Сделали шарик вместо миллиметра диаметром всего 0,8 миллиметра и появилась тонкая, ровная линия без помарок. Писать такой ручкой можно без особых усилий.

Поэтому легко понять, почему процесс изготовления шарика столь сложен и продолжителен. Обычно он длится около недели и состоит из десятков самых различных технологических операций — от рубки нержавеющей проволоки на маленькие куски и их предварительной обкатки до шлифовки и термической обработки. Едва ли после этого нужно говорить, что для производства такой маленькой и простой на вид детали требуется сложнейшее оборудование. Особенно, если учесть, что шариков

требуется до 5,5 миллиона штук в сутки!

ТЕХНИКА ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗА

МИКРОМЕТАЛЛУРГИЯ

Современную технику характеризуют две противоположные тенденции — рост гигантов и миниатюризация. Микроминиатюризация, объединяющая химические средства и малые 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 университете в 1934 — 1935 годах начал промышленное использование токов высокой частоты для плавки, заковки и пайки металлов. Талантливый экспериментатор в области металлургии А.В.Улитовский применил плавку малых количеств металла с помощью токов высокой частоты на радиочастотных диапазонах коротких волн. В маленькой мастерской на самодельном оборудовании методом жидкой штамповки чугуна получали в смену 20 тысяч мелких деталей массой около 100 граммов каждая. Эту технологию изготовления изделий непосредственно из жидкого металла академик И.П.Бардин назвал микрометаллургией.

В 1936 году в том же институте на маленьких валках диаметром 20 — 30 миллиметров прокатывали ленту из жидкого чугуна шириной 2 сантиметра и толщиной десятые доли миллиметра. Весной 1937 года впервые в истории металлургии на заводе имени МОПРа была прокатана жидкая сталь и получена доброкачественная стальная лента.

Микропроволоку в стеклянной изоляции получил А.В.Улитовский в 1952 — 1956 годах. За эту работу ему посмертно присудили Ленинскую премию 1960 года.

Сейчас в СССР имеется уже несколько предприятий по выпуску микропроволоки. Ведущими среди них считается Кишиневское научно-производственное объединение "Микропровод". С 1960 года с помощью ленинградских ученых здесь было освоено промышленное производство литого микропровода в стеклянной изоляции и налажен серийный выпуск микроминиатюрных измерительных приборов.

Технология получения провода чем-то напоминает известную сказку Андерсена про портных, которые "шили" новый костюм для короля. Размеры продукции кишиневских мастеров можно определить лишь с помощью оптики. Всего из 1 грамма металла вытягивается микропровод длиной до 1 километра.

Все основное производство

закljučается в индукционной печи. То, что делают эти машины, поистине фантастично — они вытягивают из горячего стекла полую трубочку тоньше человеческого волоса и "вливают" в нее расплавленный металл. Получается провод-паутинка, который широко применяется для производства малогабаритных сверхточных приборов.

В 1980 году в литейном цехе Кишиневского объединения началось внедрение электронной автоматизированной системы управления всем технологическим процессом. Компьютер, управляющий специальными установками для литья, определяет оптимальные режимы работы и постоянно контролирует качество выпускаемой продукции. Это дает возможность каждому оператору обслуживать две установки, а также значительно повысить качество микропровода.

В лаборатории проволоки калиброванного металла Магнитогорского научно-исследовательского института метизной промышленности изготовили тончайшую железную проволоку, тоньше человеческого волоса. Железный "волосок" диаметром 40 микрон обладает высокими электрофизическими свойствами и широко используется в различных узлах и элементах электронной аппаратуры.

Переход на массовое производство микроминиатюрных приборов, превосходящих по своим качествам обычные, ежегодно сберегает тысячи тонн

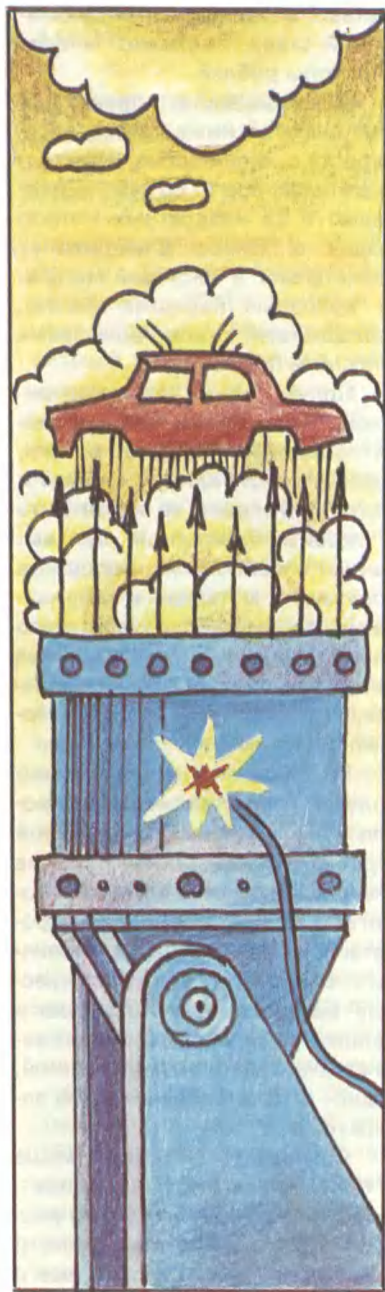
цветных металлов и трансформаторной стали, экономит многие миллионы рублей.

Миниатюрный прокатный стан высотой ниже человеческого роста с мощностью электродвигателей всего 55 кВт и площадью в 25 квадратных метров 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 с лезвие безопасной бритвы. Таким способом из порошков получают материал с 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 — алюминиевый со стальной сердцевинкой, а также плотные медные, никелевые, магнитно-мягкие 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 миллиметра и из них выходит лента почти в 50 раз тоньше человеческого волоса. Стан-малютку создали в лаборатории электроники АН БССР. Вместе с двигателем его масса составила менее 5 килограммов. Используют такой стан для получения тончайших ленточек из тугоплавких металлов. Проволока, прокатываемая валками микростана, в 10 раз тоньше человеческого волоса, а получаемые ленточки — в 50 раз тоньше. Работа на агрегате ведется с помощью микроскопа, имеющего стократное увеличение.

Для станов-малюток выпускает валки новый цех Старокраматорского машиностроительного завода им. Орджоникидзе. Одни из них — толщиной с карандаш, другие — того меньше. Эти детали устанавливают на прокатных станах, выпускающих тончайшую ленту для бритвенных лезвий, часовых пружин, изделий точной механики. Цех удовлетворяет потребности всех малых прокатных станов в стране, его проектная мощность 1500 валков в год.

Возникает вопрос: почему для сверхтонкого проката требуется так много валков? Например, для изготовления проката из особо твердых сталей на Ленинградском сталепрокатном заводе создали 20-валковый стан. Оказывается, чем тоньше становится лента проката, тем сильнее сопротивляется металл натиску валков, тем больше действующие на них нагрузки.

Но особенно трудно прокатать тончайшую стальную ленту. Здесь обжатие металла часто идет на пределе возможного, когда уже искажается кристаллическая решетка и сближаются атомы вещества. В действие вступают огромные межатомные силы — ни одни валки не в состоянии выдержать их яростный отпор. Чтобы обойти это препятствие, прокатчики стали "подпирать" рабочие валки другими — опорными. А потом и их "вторым эшелон" опорных валков. Так и появились многовалковые станы-пирамиды.

Микрометаллургия проникла и в область плавки металлов: созданы лабораторные установки для получения редких металлов, масса плавки не превышает десятков граммов. Однако уже и сейчас, не вскрывая вакуум-камеру, производят множество плавов.

В микрометаллургических исследованиях возможно использование минимальных количеств веществ — от 30 до 340 граммов. Такая миниатюризация исследований резко повышает экономичность и производительность лабораторных работ: продолжительность опытной плавки снижается на 5 — 10 минут, стоимость оборудования, расход сырья, эксплуатационные расходы намного ниже обычных. Состав металла контролируется легко и с большой точностью, обеспечивается полнота наблюдений и надежность получаемой информации. Использование малых коли-

честв материалов позволяет обойтись без больших запасов металла и складских помещений.

Разрабатываются новые методы микрометалловедения, которые, по мнению члена-корреспондента АН СССР Е.М.Савицкого, в ряде случаев вытесняют трудоемкие, требующие много металла и больших объемов экспериментальной работы прежние методы.

Микрометаллургия обещает дать большую экономию дорогих материалов и высокое качество продукции.

МАГНИТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Традиционные методы формообразования в период научно-технической революции дополняются новейшими способами, основанными на использовании высоких давлений, энергии ультразвука, взрыва, мгновенно создаваемого магнитного поля. Возрастает роль науки в получении и улучшении свойств новых материалов. По мнению академика Н.Г. Басова, на создание новых материалов сильное влияние окажет физика. Направленное изменение физических свойств металлов достигается благодаря воздействию низких и высоких температур, вакуума и высокого давления, электромагнитных полей, плазмы и различных излучений.

В лаборатории радиационных химических исследований Института физической химии АН СССР

обнаружили необычное влияние электрического тока на металлы. Оказывается, при определенных условиях в сильном электрическом поле пластичность даже сверхтвердых металлов (титан, вольфрам, нержавеющая сталь) увеличивается в два раза. Это явление получило название электропластического эффекта. Деформация в металле распространяется своеобразными волнами, потрясающими кристаллическую решетку материала. Чем быстрее эти волны, тем пластичнее металл. Ученые из лаборатории радиационных химических исследований выяснили, что электрический ток ускоряет движение таких волн. Оказалось, что электрическое поле воздействует на электронный газ (свободные электроны, находящиеся в кристаллической решетке металла). Газ под действием электрического поля начинает двигаться и "подталкивает" волны. В результате они перемещаются в металле намного быстрее, увеличивая его пластичность.

Электрическое и магнитное поля не только подгоняют электронный газ, но и давят на металл с довольно большой силой. От этого металл делается еще более пластичным. По принципу электропластического эффекта созданы первые прокатные и волочильные станы. Здесь металл перед прокаткой не нагревают, как обычно, а обрабатывают электрическим током огромной плотности: 100 тыс. А/см^2 . Новые станы уже рабо-

тают на ряде предприятий нашей страны, их производительность в несколько раз выше обычных.

Из года в год растет производство различных литых деталей. Хотя процесс успешно механизуется и автоматизируется, он не свободен от недостатков: потеря металла, не всегда высокое качество продукции, вредное тепловое излучение. Можно ли от них избавиться?

На помощь пришла наука. Ученые Института проблемы литья АН УССР создали установку, которой еще не знала мировая практика: магнитодинамический насос, который предназначался для автоматической заливки жидкого металла в формы.

Когда ученые впервые показали свое детище производственникам, те с интересом осматривали невиданную машину, но в душе сомневались. Смущали и простота действия, и универсальность установки. Насос перекачивал по трубе жидкий металл, как воду. Литейная форма заполнялась им с такой же скоростью, точностью и легкостью, с какой в автомате стакан заполняется газированной водой. При этом жидкий металл перемещался под действием магнитного поля. Созданная учеными установка позволяла применить бесковшовную технологию заливки металла в форму.

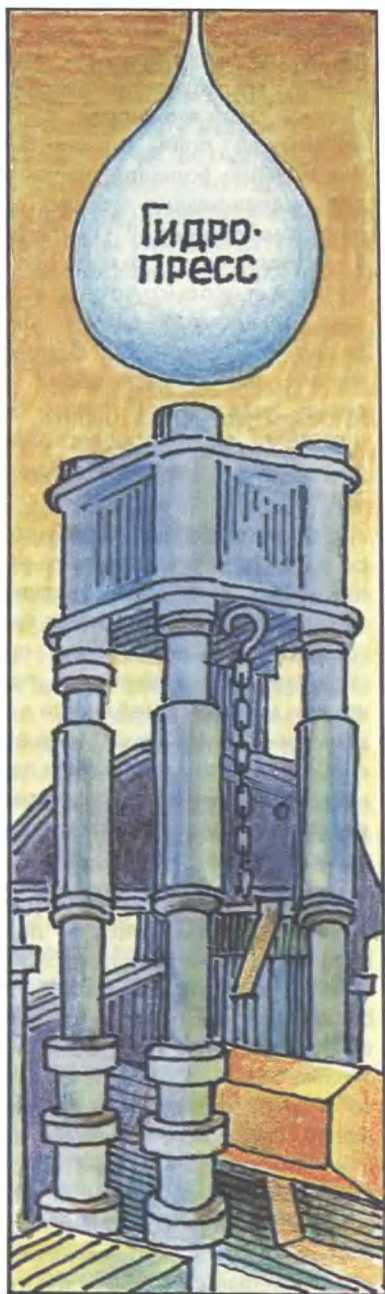
Принцип действия насоса основан на законе движения в магнитном поле проводника, через который пропущен электри-

ческий ток. Таким проводником, движущимся от плавильной ванны к месту разлива, является металл. Как только оператор нажимает кнопку на пульте электромагнитной системы, жидкий металл, словно вода из артезианского колодца, течет по трубопроводу в литейную форму.

Соединенная с индукционной печью установка поддерживает постоянную температуру и однородный химический состав расплава. В результате значительно повышается качество отливок и изготавливаемых из них деталей, возрастает их прочность, износостойкость. Применение новой установки значительно улучшает условия труда в плавильных цехах.

Самые тяжкие испытания магнитодинамический насос прошел в цехах производственного объединения "Киевтрактордеталь". С помощью этого насоса можно было перекачивать алюминий, цинк, гарт, но не чугун. А литейщики работали именно с чугуном — этим самым распространенным в машиностроении литейным материалом. Создать конструкцию насоса, способного работать с жидким чугуном, означало решить "литейную проблему" для большинства машиностроительных отраслей. Удивительные возможности дает левитация — металлургия в пространстве.

Металл, обладающий диамагнитными свойствами, может свободно висеть в постоянном магнитном поле при наличии в нем



потенциальной ямы, то есть области, где напряженность уменьшается от краев к середине. Однако напряженность такого магнитного поля должна быть чрезвычайно большой, например для подвешивания медного шарика диаметром 1 сантиметр в вакууме следует создать напряжение в несколько сот тысяч эрстед, а диаметр должен быть около 2 сантиметров. Одновременное выполнение обоих условий практически трудно осуществимо, поэтому целесообразно иметь высококачественное электромагнитное поле.

Взаимодействие такого поля с металлом приводит к возникновению в нем вихревых токов, которые вытесняют поле из занимаемого металлом пространства, или, по-иному, поле внутри металла ослабляется вихревыми токами. Вследствие этого в переменном магнитном поле ферромагнитный проводник ведет себя подобно диамагнитному в постоянном токе.

Благодаря силовому воздействию вихревых токов и поля металл выталкивается из зоны с большой плотностью в область с меньшей плотностью, то есть в потенциальную яму. Если указанные силы достаточно велики, то металл может быть поднят вверх, несмотря на действие силы тяжести, и удержан в пространстве во взвешенном состоянии. Плавка во взвешенном состоянии в электромагнитном поле называется также плавкой

в электромагнитном тигле, бестигельной, левитационной.

Способ особенно перспективен для исследователя, который может приготовить до 80 — 100 образцов в течение одного рабочего дня. Нагрев образца до 2000 — 2500°C производят высокочастотным полем, а дальше — плазмой, электромагнитным лучом или светом.

Производственные возможности метода до сих пор ограничены: масса отливки почти для всех металлов не более 20 — 25 граммов, хотя для алюминия и отдельных сталей удалось доводить массу расплавленного металла до 100 граммов. Однако в некоторых отраслях промышленности уже сейчас применяют отливки небольшой массы. Они не требуют никакой механической обработки. Например, методом бестигельной плавки получены образцы монокристаллов бездислокационного кремния с совершенной структурой. Магнитная технология находит все новые применения в металлургии.

НЕОБЫЧНАЯ ПРОКАТКА

Прокатные станы всегда поражают своими размерами, протянувшись подчас вдоль цехов чуть ли не на 1 километр. А высота их рабочих клеток нередко бывает с пятиэтажный дом. Сила! Только не сила это — слабость. Масса — тысячи тонн, огромные валки, изготавливаемые с высокой точностью, несметные

количества потребляемой электроэнергии... Когда эта мысль впервые пришла В.Н.Выдрину, он испугался. Опытный специалист доктор технических наук профессор хорошо знал, чем чреват замысел. "Вращать валки в клетях станов с разной скоростью? Абсурд!" — скажет любой прокатчик. Все усилия создателей станов нацелены на то, чтобы строго синхронизировать вращение валков. Но бывают случаи, когда они выходят из повиновения. Тогда полоса начинает изгибаться, стремясь вырваться "из объятий" стана. В лучшем случае получается брак.

И все-таки В.Н.Выдрин и сотрудники кафедры обработки металлов давлением Челябинского политехнического института заставили один из валков клетки вращаться быстрее. Зачем?

"Посмотрите, что происходит в обычном прокатном стане, — говорит руководитель проблемной лаборатории. Когда в щель между валками попадает обрабатываемый металл, он проходит фактически по касательной к поверхности обоих валков. Поэтому площадь контакта с прокатываемым металлом у валков здесь ничтожна. И на эту крохотную площадь обрушивается вся мощь машины".

В прокатном стане, разработанном под руководством В.Н. Выдрина, один из валков клетки вращается с большой скоростью. При этом обрабатываемая полоса не просто изгибается в сторо-

ну более быстроходного валка, но еще и охватывает его — словно прилипает к его поверхности. Затем лента попадает в следующую пару валков и тоже "обнимает" быстроходный валок, изгибаясь уже в противоположную сторону. Площадь контакта с металлом уже намного больше соответственно возросли и силы сцепления. Значит, можно уменьшить усилия обжатия, диаметр валков, мощность двигателей, а в итоге и размеры всего стана.

Чтобы прокатать стальную ленту, нужны огромные усилия. А здесь и валки, и сам стан поражали миниатюрностью, даже каким-то изяществом формы. Правда, добиться этого удалось не только за счет изменения скорости вращения валков.

Непрерывные листовые станы всегда имеют вспомогательный агрегат-моталку, на которую в рулон наматывается готовая полоса. "А нельзя ли поручить моталке дополнительную операцию? — задумались ученые. И заставили ее не просто принимать на себя готовый прокат, но и с силой вытягивать ленту из валков. Внешне этот процесс напоминал волочение проволоки, когда она с натяжением протягивается через твердосплавный фильер, приобретая нужные размеры и форму. Поэтому ученые, объединившие две, казалось бы, несовместимые операции (прокатку и волочение), назвали новый процесс прокатка — волочение.

Да, говорят, что большие от-

крытия сегодня рождаются "на стыках". "Гибридная" технология позволяет металлу как бы мобилизовать дополнительные "резервы" пластичности. Отсюда и результат — более качественная продукция. У проката на новых станах точные размеры, более высокая чистота поверхности, в ряде случаев он не нуждается в дополнительных чистовых операциях. Одновременно на этих станах экономят 3 — 5 % металла.

Идея "гибридизации" двух процессов оказалась на редкость щедрой, давая новые направления в технологии. Так, ученые решили оборудовать прокатную клеть дополнительной парой вертикальных валков, как у слэббинга. Только в отличие от него сделать валки не гладкими, а калиброванными. Оказалось, что в этом случае можно совместить прокатку и ... ковку. Фантастика? Нет! Уже первые эксперименты, в которых при получении сложных деталей был исключен кузнечный молот, дали многообещающие результаты.

При прокатке металла постоянно наблюдаются колебания размеров исходных заготовок, температуры прокатки и механических свойств. Это приводит на действующих станах с рабочими клетями низкой жесткости к широкому полю допусков на размеры прокатываемых профилей. В результате ухудшается качество изделий, теряется много металла.

Как уменьшить эти потери и получить прирост готового про-

ката без дополнительной выплавки стали — задача исключительно важная. Именно в этом направлении сосредоточили свои усилия два ведущих коллектива страны — ученые и конструкторы ВНИИметмаша и металлурги Череповецкого комбината им. 50-летия СССР.

Представляя работу этих коллективов на соискание Ленинской премии, профессор П.И. Полухин рассказал, что, начиная с 60-х годов, специалисты института и завода в тесном сотрудничестве провели комплекс фундаментальных теоретических и экспериментальных технологических исследований процессов прокатки точных профилей и на их основе создали принципиально новую систему прокатных станов с рабочими клетями высокой жесткости, не имеющую аналогов в мировой практике.

В новых клетях жесткость по сравнению с традиционной повышена в 8 — 12 раз. Это позволило значительно повысить точность прокатываемых профилей. В результате резкого сокращения веса новых клетей и их габаритов оказалось возможным в промежутках между клетями стана установить новую систему автоматического регулирования, обеспечивающую непрерывную прокатку катанки без натяжения. Это позволило создать полную устойчивость процесса прокатки и увеличило выход годного металла на 1,5 %. Повышение качества прокатываемого металла достигнуто и

благодаря созданию эффективной системы термоупрочнения проката.

Новая система станов внедрена на Череповецком металлургическом комбинате. В ее состав входят непрерывный проволочный стан 250, непрерывный мелкосортный стан 250 и полунепрерывный среднесортный стан 350. Эта система в технико-экономическом отношении имеет бесспорное преимущество по сравнению с существующими.

На новых станах Череповецкого металлургического комбината из первых 7 миллионов тонн сортового проката дополнительно без выплавки стали более 250 тысяч тонн металла, а экономический эффект от внедрения новой системы составил около 60 миллионов рублей.

Особое место в работе уделено резкому снижению металлоемкости клеток (в 2,5 — 4,5 раза) и повышению надежности и ресурса работы оборудования. Уменьшение массы рабочих клеток прокатных станов важно как с точки зрения экономии металла для их изготовления, так и уменьшения габаритов, облегчения фундаментов, снижения мощности грузоподъемных средств, а также сокращения трудовых затрат на многочисленных операциях цикла изготовления, монтажа и эксплуатации оборудования прокатных цехов.

“Прокатка благодаря непрерывности процесса, — пишет академик А.И.Целиков, — является

самым производительным способом формообразования металла. Поэтому целесообразно использовать прокатку не только для изготовления профильных металлических изделий, в том числе листов и труб, но и многих других изделий и особенно заготовок для разных деталей машин”. К черной металлургии переходят в большей степени первичные металлообработывающие формообразования.

ВЫСОКИЕ ДАВЛЕНИЯ

Состояние вещества, как известно, определяется температурой, давлением, концентрацией, электрическим и магнитным полями. Если температура и концентрация являются для металлурга привычными факторами, при помощи которых он уже давно меняет фазовый состав и структуру сплавов, то давление (за исключением методов обработки металлов давлением) лишь в последние годы используют для проведения практических и исследовательских работ. Причина этого — достижение техники высоких всесторонних давлений и очевидные успехи в получении при их помощи новых материалов.

В течение ряда лет ученые МГУ, Харьковского физико-технического института АН УССР и Института физики высоких давлений АН СССР проводили подробные теоретические и экспериментальные исследования вли-

яния давления на физические свойства металлов.

Госкомитет СССР по делам изобретений и открытий 18 декабря 1980 года зарегистрировал открытие, сделанное советскими физиками. Авторы открытия доказали, что при достижении критических значений упругих деформаций кристаллической решетки металлов могут наблюдаться специфические явления, связанные с резким качественным изменением свойств электронов, определяющих проводимость металла. Последнее приводит к изменению всего комплекса электрофизических свойств вещества.

Сделанное открытие имеет важное значение в науке и технике. Оно обогатило современные представления о физических свойствах металлов и сплавов и предоставило возможности целенаправленного получения материалов с новыми необычными свойствами.

Известно, что металлам свойственна аллотропия — способность существовать в различных кристаллических формах. Воздействуя на металл или сплав при помощи высокого давления, можно в некоторых случаях изменить фазовый состав сплава, получить новые модификации с иной кристаллической решеткой и зафиксировать эти новые состояния вещества путем быстрого охлаждения при снятии давления.

Но не только лабораторные установки могут дать высокое

давление. Появляется заводская техника для этого. В последние годы за рубежом и в нашей стране в обработке металлов давлением все чаще применяют процессы горячего прессования (выдавливания) и гидроэкструзии. Сущность гидроэкструзии заключается в том, что истечение металла из замкнутого объема через матрицу совершается под действием жидкости высокого давления. Между деформируемым металлом и прессовым инструментом отсутствует контакт. Формоизменение заготовки осуществляется в условиях жидкостного трения. Силы трения при перемещении жидкости с большей скоростью, чем металл, уже не являются тормозящими, а способствуют движению и деформации металла.

Гидроэкструзия чудесным образом меняет свойства материалов, расширяет границы их применения, открывает широчайшую перспективу производственным. У деталей из обычной стали, изготовленных методом гидроэкструзии, в несколько раз улучшаются механические свойства, и они не уступают изделиям, изготовленным из самой лучшей легированной электростали. Более того, гидроэкструзия позволяет коренным образом изменить весь облик промышленного производства.

На одном заводе, например, гидроэкструзионный автомат для изготовления эвольвентных валиков заменил 400 прессовых станков. На другом заводе по-

добный автомат заменил целый цех на 100 металлорежущих станков, причем для этого ему понадобилось работать... всего два месяца в году.

Работы по созданию прессовых установок и исследованию процесса проводятся весьма интенсивно. Технологи особенно заинтересовались несомненным преимуществом метода для обработки хрупких материалов, малопластичных сплавов.

... Вкладывают в пресс заготовку — стержень диаметром 8 и длиной 17 миллиметров. И через несколько минут из 2,5-миллиметровой фильеры поползла проволока... Изобретатель Н.Радченко рассказал о своем 25-тонном ледовом прессе: масса его всего 3,5 килограмма, а гидропресс на 25 тонн должен иметь массу около двух тонн при соответствующих габаритах.

Чтобы увеличить мощность гидравлического пресса, надо повысить рабочее давление в его приводе. А это значит — основательно доработать насос прессы или создать новый. В итоге при увеличении давления в 3 раза затраты возрастут примерно в 10 раз. В льдоинструменте давление до 218 МПа достигают и регулируют изменением температурных режимов, без каких-либо дополнительных доработок и затрат.

Таким установкам не нужны ни гидроэлектроприводы, ни аккумуляторы, ни уплотнения, ни предохранительные клапаны.

Практически давление ограничено только плотностью материалов, из которого изготовлена конструкция. А работает здесь замерзающая вода. Зимой охлаждает ее простой воздух, а летом — доступный каждому предприятию сжиженный углекислый газ в баллонах, жидкий азот, аммиак, фреон и другие газы. Расход хладагента ничтожен. А "механика" очень проста: знаете ведь, почему лопается на морозе плотно закупоренная бутылка с водой?

... В лаборатории бушевала "гроза". Оператор нажимал кнопку, гремел гром, высоковольтные электрические разряды метались в наполненном водой закрытом металлическом баке. Словом, это была вполне "прирученная" стихия: здесь рождались молнии-труженицы, запряженные в колесницы промышленной технологии. Они используются для очистки отливок.

Мощность каждой рукотворной молнии достигает миллиона киловатт. В "канале" подводного искрового разряда рождается плазма, нагретая до 20 — 30 тысяч градусов. Электрическая энергия превращается в механическую: в жидкости возникают ударная волна с давлением до 5000 МПа и высокоскоростные потоки. Электрогидравлический эффект — сложный комплекс физических явлений, возникающих при высоковольтном импульсном разряде в жидкости, — широко применяется в технике и производстве. И в



этом немалая заслуга принадлежит коллективу проектно-конструкторского бюро электрогидравлики АН УССР.

Очистка — вовсе не единственная специальность рукотворных молний: они безотказно работают в прессах. Вот так действует, например, установка "Удар-12М": в нее кладут металлическую заготовку, а в матрицу помещают "зеркальный" прообраз будущего изделия. Пуансона, как в обычном прессе, здесь нет, его роль выполняет вода, передающая на заготовку импульс энергии, высвобождающейся при разряде. Звучит хлопок "выстрела" — можно снимать готовую деталь, крепить новую заготовку. Получаемые таким методом штамповки отличаются высокой точностью и чистотой обработки. Их производство проще и дешевле.

... Электрод приближается к стальной детали, раздается сухой треск, и на поверхности изделия возникают тысячи огненных нитей-разрядов. Через миг их температура достигает 10 тысяч градусов. Сталь на глазах темнеет, покрываясь тонким слоем твердых соединений. Бомбардировку металла "мини-молниями" ведет установка, созданная учеными Института проблем материаловедения АН УССР, Института прикладной физики АН Молдавской ССР и Пензенского политехнического института.

"Рождаемые в таком устройстве электрические разряды про-

явили себя отличными "облицовщиками" металлов, — сообщил руководитель работ профессор М.Е.Ковальченко. Эти "мини-молнии" могут отрывать молекулы одного материала и намертво "пристегивать" их к поверхности другого. Поскольку используемые в качестве электродов тугоплавкие соединения отличаются особо высокой твердостью и износостойкостью, обычная сталь приобретает надежное покрытие".

Метод, внедренный на семнадцати предприятиях страны, оказался эффективным прежде всего для упрочнения штампов и режущего инструмента. Тонкое покрытие, как показала практика, повышает долговечность стальных изделий в 3 — 4 раза.

Применение высоких давлений дает возможность овладеть еще не использованными свойствами металлов. Союз науки и прогресса создает необычные способы формообразования металла и изделий из него.

СТАЛЬ И ХОЛОД

В Якутии 60-градусные морозы 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.

В Антарктиде при морозе ниже 50 градусов стальные "водила" саней тракторно-санного

поезда начали разрываться, а за ними стальной трос, который их связывал.

Опыт эксплуатации экскаваторов в районе Красноярска и Иркутска показал, что при температуре ниже 20 градусов резко увеличивается число поломок ковшей, стрел, натяжных и опорных осей. Когда же температура падает до -40°C , их становится в 4 раза больше, чем в обычных условиях. Причина поломок известна — это хрупкие разрушения стали, появление трещин.

Из-за 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.

Да, 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, которые в условиях низких температур будут прочными. Советские ученые и инженеры приняли активное участие в решении проблемы.

Новая сталь, которой не страшны трескучие морозы, создана учеными Сибирского физико-технического института. Детали из нее способны выдерживать полную нагрузку при 60-гра-

дусных морозах. При этом срок службы увеличивается в 2,5 раза. Первая партия запасных частей из морозостойкой стали испытывалась на БАМе.

Создан конвейер по выпуску металла для северян на комбинате "Азовсталь" в Жданове. В кислородно-конверторном цехе работает участок внепечного вакуумирования. Вакуум, образованный в разливочном ковше, мгновенно освобождает кипящий металл от фосфора, серы и других вредных примесей, повышая его пластичность и надежность. Действует также комплекс внепечной доводки стали, где ее продувают аргоном, добавляют силикокальций, графит и засыпают кусковые ферросплавы. В результате получают легированную и морозостойкую сталь. Лист сохраняет вязкость при температурах — 60 — 80 градусов. Такая чистая сталь идет на изготовление магистральных трубопроводов большого диаметра для газовых и нефтяных промыслов Сибири и Крайнего Севера.

Для арктических широт нашего Крайнего Севера теперь поставляется немало образцов новой техники в северном исполнении. Это установки кустового бурения для добычи нефти, буровые станки, различные краны, мотовозы, ленточные транспортеры и другие машины.

Некоторые процессы в технике проходят при очень низких температурах, и для них

нужна специальная криогенная аппаратура.

Для изготовления такой аппаратуры, емкостей и трубопроводов необходимы вязкие на глубоком холоде стали. Металлурги готовят и такой металл.

"Полярной сталью" называли новинку, производство которой освоили в электросталеплавильном цехе Челябинского металлургического комбината. Эта нержавеющая сталь предназначена для создания установок и емкостей по обработке, транспортировке сжиженных и твердых газов. Она также идет на изготовление ответственных деталей машин для полярных экспедиций. Конструкции из такого металла будут надежно служить на вечной мерзлоте трассы БАМа.

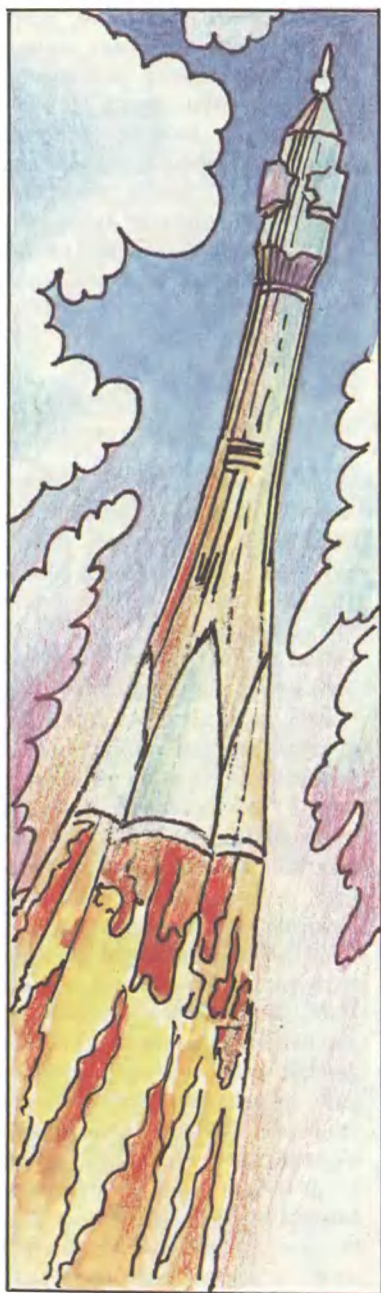
Листовую сталь высшей марки, предназначенную для сооружения на Крайнем Севере емкостей сжиженного газа, получают на Орско-Халиловском комбинате. Образцы этой стали испытывали в жидком азоте при температуре — 196°C.

Низкие температуры, столь опасные для прочности обычного металла, оказалось возможным использовать для улучшения свойств самой стали: повышения твердости и вязкости, жесткости и упругости. Еще в 20-х годах XIX века П.П.Аносов проводил опыты с закалкой кос при температурах — 5 и 18 градусов 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 году. Через 5 лет первые попытки использовать глубокий холод были произведены в США. Советский академик А.А.Бочвар в 1945 году обнаружил в зоне фазового превращения металлов "сверхпластичность" сплава цинка с алюминием. Исследователи вскоре нашли подобные явления у сплавов других металлов и у некоторых сталей при -200°C . Изделия получались с идеально чистой поверхностью, которую невозможно достичь никакой механической обработкой, ибо при даже незначительном нагреве на поверхности металла возникает слой окислов.

Исследования в области низкотемпературного материаловедения ведутся в разных странах и сейчас. Ученые Физикотехнического 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 около -270°C . С помощью экспериментов удалось выяснить, что при низкотемпературной деформации металлы приобретают очень мелкую и однородную структуру, способствующую значительному повышению жаропрочности вплоть до темпера-



туры красного каления. Встряска, которую получает кристаллическая решетка раскаленного металла, опущенного в тигель с жидким азотом, сравнима, пожалуй, с последствиями нокаутирующего удара на ринге. Однако результаты здесь обратные: кристаллическая решетка перестраивается таким образом, что прочность металла становится на порядок выше.

ЦАРСТВО ЖАРОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Современный авиационный реактивный двигатель является выдающимся творением техники. Вал его компрессора делает 15 000 тысяч оборотов в минуту. Центробежные силы стремятся вырвать лопатки, которые вращаются со скоростью, вдвое превышающей скорость звука, и выдерживают на себе адскую центробежную силу: больше ста тонн. Температура в камере сгорания более 1500°C. Здесь царство жаростойких материалов — последних достижений современной металлургии.

Наиболее ответственные детали газовой турбины — диски. Мало того, что они должны выдерживать ураганный натиск горячего газа, от них требуется еще и высокая точность изготовления. Традиционно их куют и штампуют из слитка, а после того нужна еще и трудоемкая механическая обработка. Всесоюзным научно-исследовательским и проектно-конструктор-

ским институтом металлургического машиностроения совместно со Всесоюзным научно-исследовательским институтом легких сплавов предложен новый способ изготовления дисков. Теперь их прессуют из порошков-гранул в специальных аппаратах — газостатах. Гранулы жаропрочных никелевых сплавов помещают в герметизированную капсулу и прессуют при высокой температуре. В роли прессы выступает инертный газ аргон. Равномерное обжатие капсулы позволяет получить высокую плотность изделия в любой точке. В результате ресурс двигателя увеличивается в 1,5 — 2 раза.

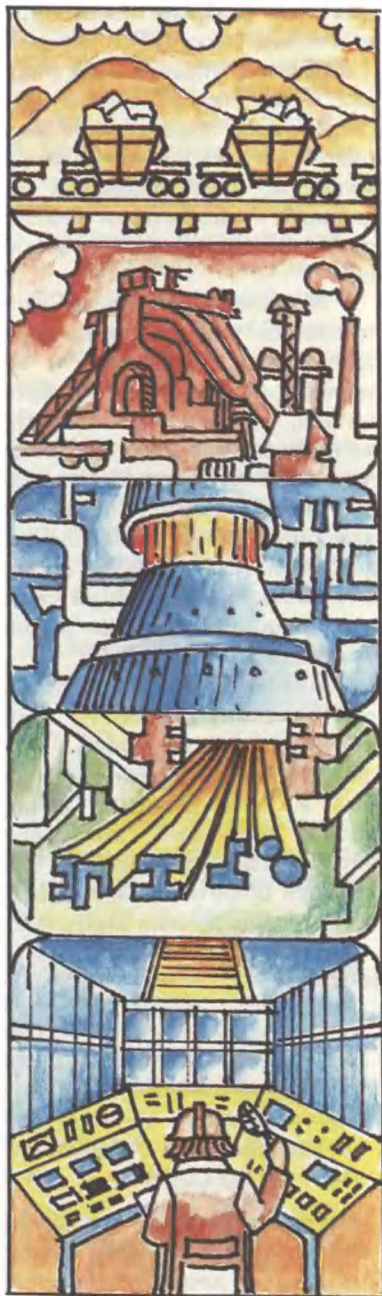
Современная техника требует все более стойких материалов по жаропрочности. Повышение экономичности агрегатов в теплотехнике зависит и от металлургов. Советские конструкторы разработали турбины мощностью более 1 миллиона киловатт. Они заявляют, что если металлурги решат проблему создания соответствующих жаростойких материалов, то станет реальной возможность создания газовой турбины с начальной температурой пара в 1200 — 1400°C. Это дало бы возможность повысить коэффициент полезного действия турбины на 8 — 10%.

До 1941 года в СССР выплавляли нержавеющую, окислительную и жаропрочные стали около 20 марок 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 $500 - 750^{\circ}\text{C}$.

В группу жаропрочных включены стали и сплавы, работающие в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение длительного времени и обладающие при этом достаточной окалинотойкостью. К сталям условно отнесены все сплавы с содержанием железа более 45 %. Сплавы, содержащие в сумме железа и никеля более 65 % при соотношении железа и никеля 1 : 1,5, отнесены к сплавам на железо-никелевой основе. Основная структура этих сплавов состоит из твердых растворов хрома и других легирующих элементов в железо-никелевой основе. Бывают также сплавы на железной и кобальтовой основе. Присадки в них хрома и других легирующих элементов при высоких температурах дают большую прочность. Особенно широкое применение эти сплавы получили в течение последних десятилетий в связи с развитием газовых турбин различного назначения. Сплавы применяют при изготовлении многих деталей газовых турбин реактивной авиации, судовых газотурбинных установок, в оборудовании для перекачивания нефти и газопродуктов, в нагревательных металлургических печах.

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% оксида алюминия. Теперь такие смеси изготавливаются на основе различных металлов.

Академик Н.М.Жаворонков отмечает, что работы по жаропрочным сталям должны быть дополнены исследованиями сплавов и материалов на основе хрома, молибдена, вольфрама, ниобия, тантала и рения. Предполагается шире использовать в качестве жаропрочных материалов оксиды металлов, карбиды и нитриды.

ЖЕЛЕЗО В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

ВОЗМОЖНОСТИ ТРАДИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Научно-техническая революция, начавшаяся в середине XX века, с каждым десятилетием шире и

глубже охватывает все направления современной техники. Она оказывает глубокое влияние и на черную металлургию — одну из отраслей промышленности, производящую важнейшие конструкционные материалы. Металлургия является производством, обеспечивающим технический прогресс в материалопотребляющих отраслях. Одновременно металлургия в ходе НТР претерпевает значительные изменения, стремясь к повышению эффективности своего производства.

Потребность в черных металлах по-прежнему велика. Но обратите внимание на парадоксальный факт: в период научно-технической революции мы получаем сталь с помощью процессов, открытых более века назад: мартеновского (1864 год) и конверторного (1856-1878 годы). Развитие металлургии за этот период шло экстенсивно за счет непрерывного увеличения емкости и числа агрегатов, ускорения процессов в них.

Чем же все-таки объясняется „живучесть“ старых процессов? Главная причина в современных условиях — их экономичность.

Издавна сохраняется двустадийная технологическая цепочка: чугун — железо (сталь), причем на первой стадии используется один из самых старых металлургических агрегатов — доменная печь.

Домна — печь шахтного типа для выплавки чугуна. Исходные материалы — шихта,

железная руда, кокс, известняк-загружаются сверху. Снизу через фурмы подают нагретый воздух. В печи происходит восстановление железа из окислов и насыщение его углеродом до состава чугуна. Продукты плавки — чугун и шлак — периодически выпускаются через летки в нижней части печи.

В связи с появлением новых процессов прямого получения железа в середине XX века предсказывали, что доменный процесс не просуществует и 10 лет и уж никак не более 20. В 1960 году электрохимическое общество в Чикаго провело конференцию по вопросу восстановления железных руд. Общим в докладах на этой конференции было мнение, что восстановительные процессы, имеющие соответствующее химическое аппаратное оформление, будут быстро вытеснять доменные печи. Однако этого не произошло. Доменный процесс не сдает своих позиций. Наоборот, особенно быстрый его прогресс имеет место начиная с середины нашего века, что совпадает, заметим, с началом НТР. Продолжается интенсификация процессов во всех основных металлургических агрегатах.

В доменных печах — это улучшение использования полезного объема печи, представляющего собой внутреннее пространство печи, считая от оси чугунных леток до конуса засыпного аппарата в нижнем его положении. Этот объем является одной из главных характерис-

тик домны. Чем больше полезный объем печи, тем больше должна быть ее производительность. Показателем интенсивности работы печи служит суточный выпуск чугуна в тоннах на 1 кубический метр полезного объема или величина, ей обратная: отношение полезного объема в кубических метрах к суточной производительности в тоннах, называемое коэффициентом использования полезного объема печи (к.и.п.о. — $\text{м}^3/\text{т в сутки}$).

Синтезом передовых технических решений в конструкции печи и технологии доменной плавки является домна объемом 5 тысяч кубических метров, задуманная в 1974 году на „Криво-рожстали“.

Домна-гигант в Череповце уникальна. Производительность ее составляет более 4 миллионов тонн чугуна в год. Габариты тоже до сих пор невиданные: высота свыше 100 метров, диаметр горна 15 метров. Шихта подается непрерывно с помощью мощного конвейера. В течение одних только суток в огненное горнило печи будет поступать свыше 20 тысяч тонн железорудного сырья и топлива. Управление доменной печью максимально автоматизировано. Производственные процессы, начиная от загрузки руды до выдачи чугуна механизированы и автоматизированы.

Выпуск чугуна будут вести почти непрерывно — печь оборудуется четырьмя летками. Рит-

мично отгружать почти 13 тысяч тонн жидкого металла в сутки позволят уникальные по своей грузоподъемности 600-тонные чугуновозные миксеры. Подобные „термосы“ для чугуна уже созданы производственным объединением „Новокраматорский машиностроительный завод“ и действуют на Запсибе. Череповецкий металлургический комбинат также начал получать эти „термосы“.

Производительность труда обслуживающего персонала на комбинате будет на 25% выше, чем на действующих до сих пор домах. Значительно улучшатся условия труда металлургов.

Опыт пуска и эксплуатации печей-гигантов будет определять целесообразность применения печей объемом 6000-8000 кубических метров.

В настоящее время сталь получают тремя способами: кислородно-конверторным, мартеновским и электросталеплавильным.

Мартеновскую сталь получают в пламенной регенеративной печи окислительной плавкой железосодержащих материалов. Металлическая завалка состоит из чугуна и стального лома. В процессе расплавляется шихта (стальной лом, чугун, руда, известняк), снижается в ней содержание углерода, кремния, марганца, удаляются нежелательные примеси (фосфор, сера) и вводятся необходимые элементы (легирование). Температура в печи должна обеспечивать жид-

кое состояние металла: к концу плавки она составляет не менее 1600° С. В связи с этим мартеновская печь имеет сложное устройство. Топливо используется в основном газообразное (смесь коксового и доменного газов, природный газ). Для интенсификации сжигания топлива воздух обогащают кислородом. Недостающий для окисления примесей чугуна кислород вносят в печь присадкой железной руды, окалины или его подают через фурмы.

Господствующее положение мартеновский процесс занимал с конца XIX и в первой половине XX века. С 60-х годов относительная доля мартеновской стали уменьшается, в середине 70-х годов она составляла около одной трети мирового производства; постепенно этот процесс уступает место кислородно-конверторному.

Кислородно-конверторный процесс получения стали является ровесником научно-технической революции. Суть его состоит в том, что продувку жидкого чугуна производят технически чистым кислородом сверху, при этом не требуется подвода тепла, ибо под воздействием дутья примеси чугуна (кремний, марганец, углерод и другие) окисляются с выделением тепла в значительном количестве, достаточном для проведения плавки. Применение кислородного дутья вместо воздушного (как это было в конверторах раньше) позволяет получать сталь с низким

содержанием газов. При одном и том же качестве стали кислородно-конверторный процесс по сравнению с мартеновским более производителен и экономичен. Доля кислородно-конверторной стали в мировой выплавке постоянно растет.

При электросталеплавильном процессе происходит расплавление металлической шихты (чугун и стальной лом) и лишь небольшое рафинирование металла, в ходе которого из жидкой стали удаляются газы и другие нежелательные примеси. Удельный вес электростали в мировом производстве растет и составляет около 15%, однако при этом увеличиваются расход электроэнергии и стоимость продукта. Поэтому почти весь прирост выплавки стали во всех странах за последние десятилетия идет за счет кислородно-конверторного процесса. Популярность его объясняется более низкими капитальными затратами на строительство цехов по сравнению с сооружением мартеновских, высокой производительностью процесса и более низкими эксплуатационными расходами.

По мнению академика А.И. Целикова¹, по крайней мере на ближайшее десятилетие, для крупных объемов производства стали оптимальным вариантом будет являться конверторный

цех с тремя агрегатами емкостью по 300-450 тонн. Такой цех может производить 12-14 миллионов тонн стали в год.

Основываясь на положительном опыте эксплуатации конверторов-великанов, спроектировали и построили два конвертора емкостью 400 тонн, пущенные в 1977 году на „Азовстали“. Такие конверторы устанавливают на Череповецком и Магнитогорском комбинатах.

Обратимся теперь к прокатному производству. В прокатном производстве происходит обработка металлов давлением путем обжатия между вращающимися валками прокатного стана для уменьшения сечения прокатываемого слитка или заготовки и придания им заданной формы — профиля. Из всех способов обработки давлением прокатка наиболее распространена благодаря непрерывности процесса, высокой его производительности и возможности получения самой разнообразной формы и улучшенного качества. Поэтому в развитых странах теперь большинство производимой стали перерабатывается в различные виды проката. Прокатанная продукция в виде сортовых гнутых и фасонных профилей, листов, рулонов, ленты, проволоки является основным исходным материалом в машиностроении, строительстве и других отраслях народного хозяйства.

Резюмируя в целом состояние традиционных процессов, от-

¹ Целиков А.И. *Металлургические машины и агрегаты: настоящее и будущее*. М.: *Металлургия*, 1979, с 34–35.

метим общую особенность их развития в наши дни. На современном этапе развития машинного производства характерно преобладание по удельному весу традиционной техники и технологии. Сейчас научный и технический прогресс проявляется в значительной степени в эволюции техники, основанной на старых, традиционных принципах. Производительность традиционной техники за последние 15 лет возросла в полтора раза и потенциал дальнейшего роста ее производительности близок к исчерпанию. В то же время, по оценкам экспертов, использование достижений НТР делает возможным повысить к концу XX века эффективность производства в 20-30 раз.

Здесь надо дать пояснение читателю об эволюционной и революционной стадиях развития технических средств, чтобы у него не создалось пренебрежительного отношения к эволюционной стадии как способу постепенного и медленного совершенствования техники. Обе стадии взаимосвязаны и необходимы. После появления всякого нового способа или агрегата революционного характера идет его дальнейшее совершенствование путем эволюционного развития, то есть постоянного улучшения. В металлургии это выражается в интенсификации и совершенствовании традиционных процессов, увеличении пропускной способности агрегатов и оборудования (отсюда увеличение их производитель-

ности, рост производительности труда), сокращении расходных коэффициентов сырья, материалов, топлива, энергии, улучшении качества продукции.

В этой главе рассмотрены не все резервы ускорения традиционных процессов. В частности, ничего не говорилось об автоматизации. Что же она может дать современной металлургии в ее нынешних процессах? Какими возможностями вообще она обладает в данной отрасли?

Автоматизацию называют одним из важнейших направлений повышения эффективности производства. В период НТР она должна привести к многократному увеличению производительности установок. Например, обновление оборудования в области машиностроения в условиях НТР, выразившееся в появлении станков с числовым программным управлением, приводит к повышению производительности новых станков¹.

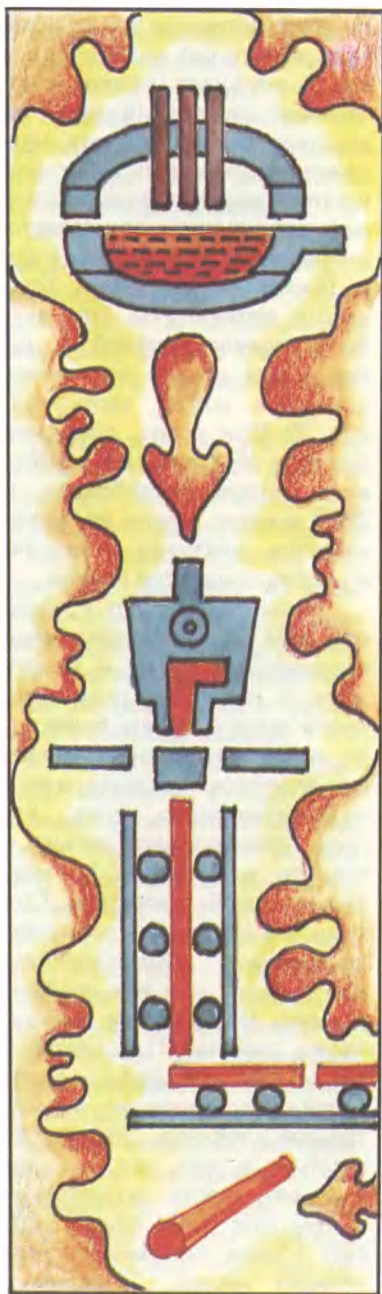
Автоматизация в металлургии сейчас практически проникает во все переделы. Доменное производство имеет автоматизированную систему загрузки материалов, выполняющую заданную программу работы всех загрузочных механизмов. На печи автоматически регулируются температура и влажность дутья, давление газа на колошнике и др. На Череповецком металлургическом комбинате внедрен

¹ НТР. Перспективы при социализме. М.: ИИЕиТ АН СССР, 1980, с. 70.

автоматический контроль газораспределения в шахте доменной печи. На Западно-Сибирском комбинате работает цифровая система автоматического управления набором шихты при конвейерной загрузке печи.

В СССР и за рубежом все вновь строящиеся и большая часть действующих высокопроизводительных сталеплавильных цехов оснащаются автоматизированными системами управления. На передовых предприятиях, таких как „Азовсталь“, Новолипецкий и Череповецкий металлургические комбинаты, создаются многофункциональные иерархические системы, охватывающие весь объем задач управления производством и технологией. Широкое распространение АСУ объясняется их большими возможностями повышения производительности труда и увеличения выхода годного вследствие роста качества труда.

В прокатных цехах на нагревательных колодцах обжимных станов установлены местные системы автоматизации нагрева, транспортировки и управления резкой слитков. Программные автоматические устройства обеспечивают требуемую последовательность работы рольгангов и других транспортных механизмов, подающих металл к валкам клетей, ножницам, пилам, холодильникам. Широко внедряются системы автоматического рационального раскроя проката с применением специализированных ЭВМ.



Автоматизация также позволяет решить ряд социальных задач — улучшает условия труда, изменяет социальный состав трудящихся в отрасли, труд мало-квалифицированных работников уступает место труду высококвалифицированных специалистов, уменьшается число рабочих мест с тяжелыми условиями труда, работа металлургов становится более привлекательной. К примеру, при уровне механизации доменных цехов, характерном для 20-30-х годов, обслуживание печи объемом 3200 кубических метров потребовало бы 2500 человек только на подаче и загрузке шихтовых материалов и уборке продуктов плавки.

Несмотря на рост количества ЭВМ в металлургическом производстве у нас и за рубежом, в последние годы металлургии стали смотреть более трезво на возможности автоматизации агрегатов. Когда-то, в эпоху кибернетического бума, казалось сравнительно легким, а главное возможным автоматизировать любые агрегаты. Стоит лишь оснастить их достаточным количеством быстродействующих машин — и все проблемы решены. На практике дело оказалось сложнее. Приходится более углубленно изучать особенности использования вычислительной техники на заводах, памятуя о том, что. . . „каждый раз, когда автоматизация в том или ином случае достигает уровня применения управляющих машин. . . данная от-

расль промышленности, транспорта, сельского хозяйства или другой какой-либо сферы человеческой деятельности захвачена научно-технической революцией”¹.

Главное в том, что автоматизация в традиционной металлургии затрудняется смешанным характером производства — здесь мы сталкиваемся с непрерывными, циклическими и дискретными (прерывистыми) процессами. Исходя из интересов технологии, включающей непрерывные процессы, металлургия развивается в направлении максимального увеличения единичной мощности рабочих машин (станов) и агрегатов (печей), а с точки зрения технологии, имеющей дискретные процессы, — в направлении роста номенклатуры, повышения гибкости процессов и оборудования при относительно малом увеличении его мощности.

Недостаточное изучение металлургических процессов, представляющих собой сложный комплекс химических и физических явлений, снижает эффективность от использования ЭВМ. Выход из положения лежит на пути лучшего изучения процессов, углубления теории автоматизации, в создании так называемого эвристического программирования, когда учитываются

¹ Шухардин С.В., Кузин А.А. Теоретические основы современной научно-технической революции. М.: Наука, 1980, с. 40.

индивидуальные особенности каждой решаемой задачи, ранее приобретенный опыт. Достижения на этом пути приведут к более эффективному использованию традиционных процессов. И все-таки их дискретность и цикличность едва ли позволит достичь результатов, соизмеримых с достижениями автоматизации в машиностроении (многократное увеличение производительности агрегатов). Традиционные процессы имеют свой предел. Путь к его преодолению — переход на новые технологические основы, позволяющие вести прямое и непрерывное получение металла.

ПРЯМЫЕ И НЕПРЕРЫВНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Наряду с совершенствованием традиционной технологии все устойчивее ведется поиск новых перспективных способов получения металла, прежде всего прямыми и непрерывными процессами. Повышенный интерес к проблемам прямого получения железа из руд связан с уменьшением запасов коксующихся углей, открытием новых богатых месторождений дешевого природного газа, необходимостью получения чистого полупродукта для выплавки специальных сталей и для нужд порошковой металлургии, а также стремлением развивать производство на местном сырье.

Во многих странах получе-

ны тысячи патентов на различные способы прямого восстановления железа из руд. Опробовано свыше 70 способов, но лишь немногие из них осуществлены и при том в небольшом промышленном масштабе. Пока не один из них не может конкурировать с доменным производством по объему производительности и себестоимости продукции. Однако работы в этой области неудержимо развиваются.

Процессами прямого получения железа называют такие химические, электрохимические или химико-термические процессы, когда, минуя доменную печь, непрерывно получают из руды металлическое железо в виде губки, крицы или жидкого металла. Эти процессы можно вести, не расходуя кокс, и металл выходит высокой чистоты.

На территории Курской магнитной аномалии, в руде которой содержится 60-65% металла, ведется строительство Оскольского электрометаллургического комбината — первенца бездоменной металлургии в нашей стране. Это будет предприятие с производственным циклом, основанным на прямом восстановлении железа без применения кокса и проплавкой его в электропечах. С пуском комбината на полную мощность он будет производить окисленные и металлизированные окатыши, высококачественные стали, сортовой и листовой прокат высшего качества для изготовления под-

шипников, котлов, автомобильных рессор, пружин.

В сооружении комбината принимают участие фирмы ФРГ. Они ведут разработку части проектно-технической документации и осуществляют поставки основного оборудования.

Комбинат, который строится здесь, не знает аналогов по масштабам. Необычность Оскольского электрометаллургического — в принципиальной новизне технологии для нашей страны. Близость Курской атомной электростанции и сырьевой базы КМА обеспечит стабильность работы всех подразделений, гарантирует качество конечной продукции.

Концентрат с содержанием железа до 70% "потечет" от ГОКа по трубопроводам и под давлением 10 МПа быстро преодолеет 26-километровое расстояние. Полученные из концентрата окатыши пройдут обжиг, а затем подвергнутся металлзации. Эту операцию делает нагретый до 1000° С и преобразованный в смесь водорода и окиси углерода природный газ.

И вот они — невзрачные на вид серые шарики, отличные заменители металлолома и чугуна. Их можно непрерывно загружать в электрические печи и выплавлять редкую по своим достоинствам сталь. Послушные воле человека, мощные станы превратят литые заготовки в нужные профили проката с микронным допуском. Предприятие будет поставлять заготовки точного

профиля, почти не требующие обработки на металлорежущих станках.

Окидывая взглядом все звенья металлургического передела: окомкование руды, доменный процесс, разливку и прокатку стали, можно видеть, что здесь либо уже использованы непрерывные процессы, либо эти звенья непрерывны по своей сути и могут быть на них переключены. Поэтому перевод разделяющего их сталеплавильного передела на непрерывный процесс революционизирует не только сам передел, но и металлургическое производство в целом, открывая путь к созданию сквозной поточной линии завода-автомата.

Металлургам хорошо известно, как преобразилось производство, увеличилось время получения металла и облегчился труд людей, когда в 1958 году на горьковском заводе „Красное Сормово" впервые в стране внедрили машину непрерывного литья заготовок МНЛЗ. Не случайно сейчас такие машины установлены на многих заводах страны. За одиннадцатую пятилетку намечено довести разливку стали на них до 35-37 миллионов тонн в год.

Технологические процессы производства профилей методом непрерывного литья считают одним из самых крупных достижений в черной металлургии второй половины XX века. Строительство МНЛЗ сейчас — основной фактор увеличения эффек-

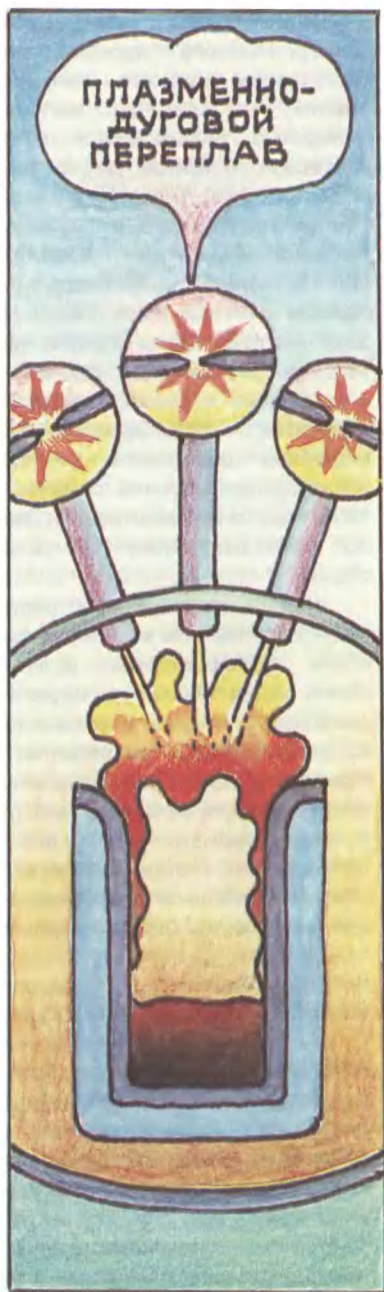
тивности и производительности сталеплавильного цеха, обеспечивает возможность расширения объема производства.

Преимущества выражаются в сокращении производственного цикла, повышении качества заготовок вследствие большей их однородности, что дает в свою очередь снижение технологических отходов на последующей стадии и обеспечивает постоянное свойство металла, предусмотренное существующими технологическими условиями.

В последние годы с большим успехом освоена безостановочная непрерывная разливка методом „плавка на плавку“ — продолжительностью периодов иногда свыше ста часов. Переход от разливки одной плавки к разливке по 5-10 и более плавкам повышает производительность установок на 30-40%.

В мире работает свыше 700 машин непрерывной разливки заготовок, на них разливается около 20% всей выплавляемой стали. Производительность современных МНЛЗ достаточно велика — более 1,2 миллиона тонн стали в год, и бытовавшее ранее опасение о трудности перевода современных конверторных цехов на непрерывную разливку не оправдалось.

На очереди дальнейшее совмещение разливки и прокатки. Объединение процессов непрерывного литья заготовок с последующей прокаткой в одном литейно-прокатном агрегате является важнейшим направлением



в повышении эффективности металлургического производства. Получением проката непосредственно из жидкого металла полностью используются преимущества процесса непрерывного литья.

Металлурги давно мечтали о технологии, которая позволила бы миновать промежуточные склады слитков и их последующий нагрев перед прокаткой. Удалось осуществить эту мечту с помощью опытного литейно-прокатного стана, давшего возможность провести на нем научно-исследовательские работы. В 1979 году в нашей стране успешно работали более 10 таких станов.

Новые машины для непрерывного литья, по мнению академика А.И.Целикова, должны иметь более высокую производительность путем усовершенствования методов охлаждения и кристаллизации. Применение технологического процесса для получения проката непрерывным методом из жидкого металла открывает большие перспективы для технического роста отрасли.

ЭНЕРГИЯ В ПРОЦЕССАХ

Многовековой процесс развития металлургии показывает, что ее решающие технические преобразования были связаны с появлением и применением в технологии новых энергетических источников — силы ветра, водяных колес, парового двигателя, элект-

тропривода. Анализ перспектив металлургии как весьма энергоемкой отрасли свидетельствует, что ее технический прогресс во многом будет зависеть от путей дальнейшего использования энергии в отрасли.

Электроэнергию недаром называют энергетической базой НТР. Она перспективна не только как „двигательная” энергия. Велики ее возможности в использовании для технологических целей. В будущем, по утверждению академика Н.Н.Семенова, „основными сделаются электро-технические процессы получения неорганических и органических продуктов, процессы в электро-разряде и под действием проникающего излучения, а также электротермии”.

Электросталеплавильные печи являются ярким примером технологического использования электроэнергии. Эти печи имеют ряд существенных преимуществ перед другими сталеплавильными агрегатами. В них можно выплавлять практически стали различных марок с добавкой легирующих элементов. Высокая температура позволяет иметь сильноосновные шлаки и достигать максимального удаления из металла вредных примесей — серы и фосфора. Для плавки в электропечах не требуется воздуха. Окисляющая способность печи не высока, поэтому количество закиси железа в ванне незначительно и сталь получается достаточно раскисленной и плотной, что улучшает ее качест-

во. В электропечи легко повысить и отрегулировать температуру металлической ванны. В печах допустимы любые металлургические процессы, если создавать окислительную, восстановительную, нейтральную атмосферу или вакуум. В этом агрегате металл получается высокой чистоты без вредных примесей, так как здесь нет продуктов сгорания.

В СССР в перспективе предвидится увеличение выплавки стали в электропечах и развитие недорогих способов прямого получения железа из богатого железорудного сырья (металлизированные окатыши, губка), способного частично заменить стальной лом в шихте электропечи. Уже сейчас процесс электроплавки металлизированных окатышей является полунепрерывным: загрузка сырья и его расплавление ведутся непрерывно. В недалеком будущем можно ожидать его превращения в непрерывный процесс. Более того, придет время и металлургии смогут осуществить интегрированный (объединенный) цикл непрерывного металлургического производства, начиная с подготовки руды вплоть до получения готового проката, а в иных случаях — также его термообработки, нанесения покрытия и проведения других операций.

Сейчас обычные методы производства стали и сплавов, даже при существенном их усовершенствовании, не могут в полной мере обеспечить уровень качества

металлов, так необходимый для многих отраслей техники.

Решить эту задачу возможно лишь с появлением в металлургической технологии принципиально новых способов получения слитков. Эти способы составляют область специальной электрометаллургии и предусматривают последующий переплав металла, полученного в обычных металлургических агрегатах, причем плавление и одновременно принудительная кристаллизация металла осуществляются в охлаждаемых изложницах-кристаллизаторах. Так что в любой момент плавки кристаллизуется необходимая масса металла, значительно меньшая, чем масса получаемого слитка.

Одна из характерных черт НТР — развитие новых отраслей науки и техники на стыке нескольких „старых” научных и технических направлений. Способы специальной электрометаллургии, основанные на использовании сварочных процессов в производстве металлов высокого качества, могут служить тому примером. Так, на границе сварочной техники и металлургии возникли электрошлаковый, электронно-лучевой и плазменно-дуговой переплавы.

Процесс электрошлакового переплава (ЭШП) является наиболее простым и экономичным способом получения высококачественной стали и сплавов, ибо здесь не требуется дорогого и сложного оборудования, например вакуумного. Переплавлен-

ный металл обладает высокой чистотой, прочностью, пластичностью и ковкостью. Способ позволяет производить плотные слитки большой массы независимо от марки сплава. Высокая пластичность полученного металла значительно упрощает и удешевляет технологию горячей механической обработки: прошивки, штамповки и прессования изделий из жаростойких и жаропрочных сталей.

Принцип электрошлакового переплава заключается в том, что в качестве исходного материала используется электрод, предварительно выплавленный в электродуговой печи и прокатанный на круглую заготовку. Источником тепла при ЭШП служит шлаковая ванна, нагреваемая проходящим через нее электрическим током.

Переменный ток подводят к переплавляемому электроду и к поддону, установленному в кристаллизаторе. Выделяющееся в шлаковой ванне тепло нагревает ее до 1700°C и выше. Это вызывает оплавление конца электрода, погруженного в шлаковую ванну. Капли жидкого металла проходят через шлак, образуя под шлаковым слоем металлическую ванну.

Процесс прохождения капель металла через шлак, интенсивное перемешивание их с ним и длительное пребывание металла ванны в контакте со шлаком способствуют их активному взаимодействию. Здесь-то и происходит очистка металла от вредных

примесей — неметаллических включений и растворенных газов. В нижней части металлической ванны, активно охлаждаемой поддоном и кристаллизатором, постепенно формируется слиток с очень ровной поверхностью. Это связано с образованием на холодной стенке кристаллизатора тонкого слоя твердого шлака — гарнисажа. Внутри этой шлаковой „рубашки“ и образуется слиток.

Способ ЭШП разработан в Советском Союзе Институтом электросварки им. Е.О.Патона. Первый лабораторный слиток получен в 1953 году. В мае 1958 года на Запорожском электрометаллургическом заводе „Днепро-спецсталь“ вступила в строй первая в мире промышленная печь ЭШП. Масса электрошлакового слитка постепенно росла и к 1975 году достигла 160 тонн.

Теперь на многих заводах страны действуют уникальные цехи, выпускающие сотни тысяч тонн электрошлаковых слитков. Построен архисовременный специализированный цех ЭШП на „Азовстали“. Вводится в строй электрошлаковый цех в городе Краматорске с 200-тонной печью ЭШП.

Создатели ЭШП в нашей стране академики Б.Е.Патон и Б.И.Медовар пытаются заглянуть вперед и представить себе, какой будет электрошлаковая технология через 10-15 лет, на пороге XXI века.

Могучим средством оптимизации технологии послужит АСУ

технологического процесса ЭШП, которая уже задействована на печах завода кузнечно-прессового оборудования. Все вновь выпускаемые электрошлаковые печи будут оснащать встроенными микропроцессорами, компактной, простой и надежной автоматикой.

В ближайшие 10-15 лет намечается полный отказ от катаемых и кованных расходуемых электродов. Опыты, проведенные в СССР и за рубежом, убедительно свидетельствуют о большой эффективности применения электрошлаковой плавки металлизированных окатышей взамен электродуговой. Налицо технические, экономические и даже социальные преимущества новой технологии — имеется в виду существенное снижение шума, уменьшение выбросов, заметное улучшение условий труда металлургов. Успехи дальнейшего развития ЭШП зависят от уровня подготовки инженерных кадров. Выпускников по специальности спецэлектрометаллургии ждет интересная работа.

Электронный луч, используемый многими учеными в качестве незаменимого исследовательского инструмента, начал служить металлургии. Его возможности велики и удивительны. Например, электронная пушка, созданная в Институте электросварки им. Е.О.Патона АН УССР, обладает ювелирным „почерком“. Ее луч, который в три раза тоньше человеческого волоса, способен на пластине из нержавеющей

стали размером с почтовую марку „выгравировать“ текст, по объему равный газетной полосе. Буквы настолько малы, что прочитать написанное электронным пером можно только с помощью микроскопа. Новый электронный инструмент может служить для изготовления сильно уменьшенных копий документов, микроскопической обработки и сварки металлов.

Фактический переход от лабораторного применения электронно-лучевого нагрева для плавки и рафинирования металла и применения его в промышленных масштабах осуществился в 1958-1963 годах, когда появились мощные вакуумные насосы и электронно-лучевая пушка. Наибольшее распространение процесс получил в СССР, США, ФРГ, Японии, ГДР. Максимальная величина слитка составляла 18 тонн.

Этот способ применяли в основном для получения чистых тугоплавких металлов. Однако в последние годы все чаще его применяют для выплавки жаропрочных сплавов и специальных сталей для атомной энергетики, ракетной техники, сверхпрочных подшипников.

Особенно большие перспективы открывает электронно-лучевой переплав в повышении качества стали и сплавов на основе железа и никеля. Удастся в 3 — 10 раз в зависимости от марок сталей уменьшить общее количество неметаллических включений. В результате значи-

тельно улучшаются многие физико-химические свойства высокопрочных, жаропрочных, нержавеющих, инструментальных сталей и прецизионных сплавов.

Принцип данной плавки: бомбардировка нагреваемого тела свободными электронами в глубоком вакууме. От энергии, выделяющейся при резком торможении электронов, пучок которых направлен на заготовку, металл плавится. Чем выше скорость движущихся электронов, тем больше выделяется тепла в момент их торможения и выше температура нагрева. Поверхность ванны нагревается обычно до 1850°C .

Во всем мире ведут поиски путей ускорения химических реакций, протекающих в производственных условиях. Ускорителями выступают ультразвук, катализаторы, магнитные и электрические поля, радиационные излучатели, лучи квантовых генераторов и факелы плазмы.

Вообще проблема производства железа сводится к обеспечению энергией процесса разложения окислов. Согласно общему правилу химические реакции протекают тем быстрее, чем выше температура. Недаром говорят: сталь есть железная руда плюс энергия.

Температура служила и служит главным фактором технического прогресса в металлургии. Появление бессемеровского процесса более ста лет назад внесло огромное изменение в скорости химических реакций,

протекающих в агрегате. Их ускорению способствовала продувка расплава воздухом в конвертере, в результате чего увеличилась поверхность соприкосновения металла с окислителем — кислородом воздуха. В современном конвертере химические реакции протекают почти в тысячу раз быстрее, чем в пудлинговой печи. Это достигнуто благодаря тому, что удалось на 400°C повысить температуру процесса и обеспечить продувку металла воздухом, обогащенным кислородом.

Есть ли пути дальнейшего роста? Есть! Плазма — вот, где новый резерв ускорения реакций.

В природе известно четыре состояния вещества: твердое, жидкое, газообразное и плазменное. Принципиальное их отличие определяется характером теплового движения молекул (атомов) вещества и их взаимодействия. Плазмой считают вещество в сильно ионизированном состоянии, причиной которого является высокая температура или столкновение частиц газа с быстрыми электронами, с примерно равной концентрацией электронов и положительно заряженных ионов.

В современной технике появились установки, использующие так называемую низкотемпературную плазму, верхним пределом температуры которой считают $50\,000\text{ K}$. Простыми техническими средствами достигается среднemasсовая температура газа

в 3 — 5 тысяч градусов при максимальной температуре в ядре 10 000 — 15 000 К.

Рассмотрим роль температурного фактора в интенсификации металлургических процессов на нынешнем уровне знаний.

Для получения железа методом термической диссоциации (разъединения) его окислов температура должна превышать 4000°C. Такой процесс вполне может идти в низкотемпературной плазме. Однако тут последует взаимодействие кислорода с железом. Этого можно избежать при низкой температуре и давлении кислорода $5 \cdot 10^{-11}$ Па, но тогда процесс замедлится, что неэкономично при массовом производстве металла.

В то же время при высоких температурах (10 000 — 50 000°C) связи в молекулах настолько ослабевают, что они частично или полностью диссоциируют и ионизируются. В результате возрастает константа (постоянная) растворимости. Например, константа растворения азота в металле при переходе от обычной плавки к плазменной увеличивается в 10 раз. Соответственно повышаются и скорости других реакций: обезуглероживание окислительными газами, раскисление водородом. Уже при температуре 12 000°C испаряются все вредные примеси.

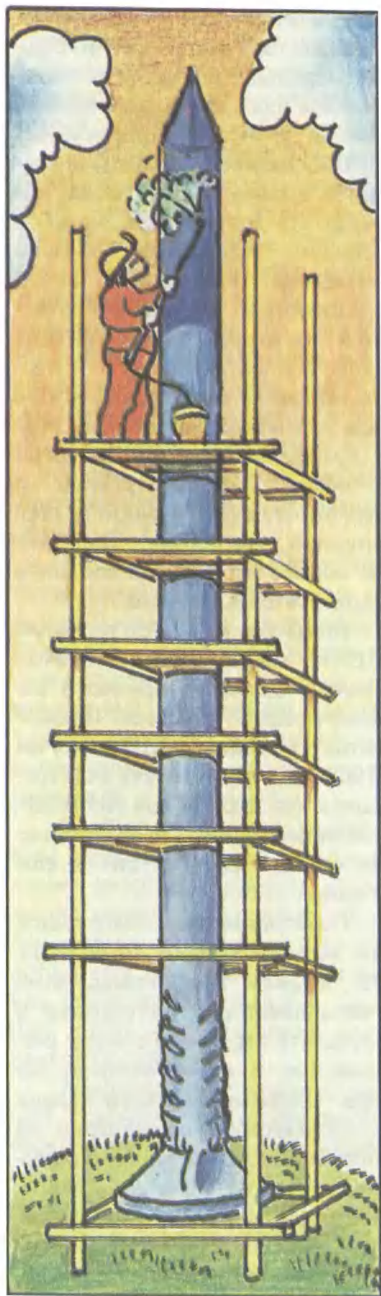
Плазменный нагрев практически снимает ограничения по верхнему пределу температуры, применяемой в агрегате. Это позволяет расширить возможности

столь важного интенсифицирующего фактора металлургии. Ведь при переводе вещества в газообразное состояние химические реакции длятся микросекунды!

Биография низкотемпературной плазмы сравнительно коротка, но богата событиями и особенно надеждами. Начало применения плазменных струй в обработке материалов относится ко второй половине 50-х годов, а в металлургии — к первой половине 60-х годов. В 70-е годы плазма уже приобрела "права гражданства" в металлургии и химии, машиностроении и энергетике, строительной и горнорудной индустрии. Плазменная обработка металла все шире используется в технике.

Плазменно-дуговой переплав (ПДП), как и ЭШП, — отечественный способ вторичного рафинирующего процесса. Первый слиток методом ПДП получен в 1963 году в Институте электро-сварки им. Е.О.Патона АН УССР. Принципиальная технологическая схема ПДП состоит в следующем.

Переплавляемая заготовка, два или несколько плазматронов, медный водоохлаждаемый кристаллизатор и получаемый в результате переплава слиток размещаются в герметической камере. Плазменные струи каждого плазматрона направлены на ванну жидкого металла, поддерживаемую в кристаллизаторе. Заготовка подается вниз с вращением. Соприкасаясь с плазменными струями, она плавится,



и металл каплями стекает в ванну. По мере наплавления слиток с помощью механизма вытягивается из кристаллизатора.

Самая крупная в мире плазменная электросталеплавильная печь мощностью 30 тонн действует с 1977 года на заводе высококачественных сталей во Фрейтале (ГДР). Она разработана учеными и специалистами ГДР и СССР. Новая плавильная установка значительно повышает качество сталей, дает экономию сырья и энергии, не загрязняет окружающую среду.

Плазменная печь оснащена четырьмя плазматронами, три из которых ведут плавку, а четвертый находится в резерве. Специальные механизмы в процессе плавки позволяют менять положение плазматрона, выбирая наиболее выгодное. В новой печи металлолом перерабатывают в качественную сталь. Мощные струи аргонной плазмы, нагретой до 15–17 тысяч градусов, позволяют каждые 90 минут получать 30 тонн высоколегированных марок стали или сплавов с высоким омическим сопротивлением. В год печь дает 60 тысяч тонн металла. На основе освоения этой установки ведутся работы по дальнейшему совершенствованию плазменных процессов в металлургии, а также по созданию более мощных установок, которые со временем изменят весь облик целой отрасли черной металлургии.

Плазменную печь недаром называют агрегатом будущего.

В ней идет процесс, революционизирующий металлургическое производство. Кроме высокого качества металла, большой экономичности, она еще и максимально экологична. Уровень шума при ее работе не превышает 40 децибел, что в два раза ниже санитарной нормы, а все вредные выбросы надежно заблокированы аргонной "подушкой".

Анализируя достижения электрошлакового, электронно-лучевого и других переплавов, приходится отмечать усложнение металлургической технологии. На смену двустадийному процессу (чугун — сталь) пришел трехстадийный: чугун — сталь — готовый металл. Если на современном этапе это оправдывается тем, что стали высокого качества требуются все-таки в ограниченном количестве, то в дальнейшем такой "поблагжки" ожидать не приходится. Так называемый "рядовой металл" также нуждается в повышении качества, ибо тут кроются многие возможности совершенствования техники. Однако рассчитывать на то, что вся сталь пройдет через разного рода переплавы, нереально. Задача на будущее очевидна: необходимо создать прямые способы получения металла из руды с помощью плазменного нагрева, использовать непрерывные процессы и полную автоматизацию.

Руду при высоких температурах можно быстро превратить в пар, состоящий из ионизированных атомов, затем их скон-

денсировать и извлечь элементы из плазменной струи. Таковы основы плазменной металлургии будущего. Она позволит получать материалы с улучшенными и особыми свойствами, интенсифицировать и иногда упростить процессы, сохранить высокие технико-экономические показатели агрегата, несмотря на тенденцию переработки бедного сырья. В результате организации непрерывных автоматизированных процессов с использованием низкотемпературной плазмы можно обеспечить значительный объем производства при минимальных размерах реакционного пространства, сократить площади, занятые оборудованием, уменьшить габариты агрегатов.

При анализе тенденций развития современной металлургии иногда пытаются назвать тот процесс, который станет основным, самым экономичным в металлургии. Но вспомним: история металлургии началась с одного процесса — сыродутного, а затем произошло разделение на две стадии, каждая из которых подвергалась дальнейшему совершенствованию. Появление в прошлом веке сразу трех способов получения литой стали было вызвано разнообразием сырьевых возможностей и различием потребительских требований к металлу. Теперь же эти тенденции только усилились и можно говорить лишь о преимущественном использовании одного процесса для производства металла. Сейчас это доменный

и кислородно-конверторный процессы, в дальнейшем, надо ожидать, — плазменные процессы в непрерывных автоматизированных агрегатах.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛА

Технический процесс сопровождается резким ускорением рабочих процессов, увеличением напряженности конструкций, значительным расширением эксплуатационного интервала температур, широким использованием активных средств при одновременном повышении прочности, надежности и ресурса создаваемых машин, механизмов и сооружений.

За последние полвека скорость движения и мощность двигателей автомашин, тепловозов повысились во много раз. Скорость полета самолетов возросла со 100 до 3500 километров в час, а мощность их двигателей в сотни раз. То же самое наблюдается и в энергетическом машиностроении, станкостроении и других отраслях. Так, скорость вращения шпинделей современных внутришлифовальных станков увеличилась более чем в 50 раз и достигает 120 тысяч оборотов в минуту. Скорости исполнительных органов, а также мощность машин будут расти и впредь. Отсюда — важная и сложная проблема повышения надежности и долговечности современных скоростных и высокомоощных машин и механизмов.

Качество продукции — понятие сложное и выражается оно в комбинации специфических признаков технического, экономического и эстетического характера. Однако применительно к металлургическому производству это понятие включает в себя прежде всего соответствие произведенной и отгруженной продукции требованиям госстандартов и технических условий.

Различают производственные и потребительские качества металла. Производственные качества металла — это комплекс таких его характеристик, как химический состав, механические и физические свойства, точность размеров; потребительские качества — служебные характеристики металла, например надежность, стойкость, долговечность.

Задача улучшения качества металла является актуальной не только применительно к готовой товарной продукции черной металлургии. Ее решение в равной степени необходимо на всех ступенях металлургического цикла. Улучшение качества продукции аглофабрик, доменных и сталеплавильных цехов оказывает определенное влияние на технико-экономические показатели последующего передела вплоть до конечной ступени производства, выпускающей товарный металл.

В практике используют два различных пути повышения прочности материала: получение бездислокационных кристаллов с

прочностью, близкой к теоретической, и за счет легирования и высокой плотности дефектов. Суть второго пути в том, чтобы создать в структуре металла как можно больше дефектов, от которых в обычных условиях всеми силами стараются избавиться. Получается кажущийся парадокс: ограниченное количество дефектов структуры ухудшает металл; когда их много, прочность резко повышается, хотя и остается далекой от теоретической. Таким способом удалось достигнуть прочность тонкой проволоки до 4000 МПа и на изделиях большого сечения — до 2000 МПа.

Многие исследователи предсказывают создание к концу XX века материалов с прочностью, приближающейся к теоретической. Расскажем о путях достижения этой цели.

Высокий эффект в использовании металла в народном хозяйстве получают при создании новых марок стали и расширении производства проката из низколегированных и микролегированных сталей. Они отличаются прочностью, превышающей в 1,5 — 2 раза показатели углеродистой стали, надежностью в эксплуатации и хорошей свариваемостью. Многие из низколегированных сталей имеют повышенный запас вязкости при минусовых температурах и высокую сопротивляемость хрупкому разрушению, что позволяет использовать их для сооружений

и машин, работающих в районах Крайнего Севера.

Несколько слов о микролегированных сталях. В них вводятся микродозы легированных элементов, оказывающих тем не менее существенное влияние на повышение механических свойств металла. Например, в сталях, подвергаемых термической обработке, эффективное упрочнение достигается в результате микролегирования ванадием всего до 0,05 %. При введении 0,03 — 0,04 % ванадия увеличивается прочность и у среднеуглеродистых сталей, что позволяет уменьшить массу машин и конструкций, а также увеличить их надежность и долговечность в работе.

Дополнительная обработка проката в черной металлургии иногда называется четвертым переделом. Сюда относят термическое и термомеханическое упрочнение, холодное деформирование, в том числе нанесение антикоррозионных свойств и других покрытий.

На повышение прочностных свойств оказывает большое влияние термическая обработка. Ее считают таким же способом увеличения количества металла, как строительство новых металлургических агрегатов. Достижимое при этом увеличение прочности металла дает возможность увеличить срок службы изделия или уменьшить расход металла при производстве машин.

Упрочняющая термическая обработка малоуглеродистой и

низколегированной сталей увеличивает на 20 — 25 % прочность, улучшает пластические свойства при обычных и минусовых температурах. Иногда упрочненной углеродистой сталью можно заменить легированную. В итоге снижается стоимость машин и достигается экономия легирующих добавок. Этот способ находит все более широкое распространение в металлургии.

В Советском Союзе разработан и успешно освоен оригинальный способ термического упрочнения проката. В чем он заключается?

Интенсивное охлаждение водой готовых, еще раскаленных профилей проката проводится непосредственно на выходе их из стана. В результате такой обработки прочность стали повышается в 2,5 раза, пластичность сохраняется, а ударная вязкость растет, даже если температура использования металла ниже нуля. При этом экономия стали в конструкциях и деталях машин за счет повышения ее прочности достигает 50 %.

Разработка теории, технологии и оборудования для термичности упрочнения проката была начата еще в 40-х годах коллективом Института черной металлургии АН УССР в Днепропетровске. Ученые убедились в том, что процесс термической обработки дополнительно повышает прочность стали в сравнении с обычной закалкой и что на заводах можно избежать строительства громоздких и дорогих

печей, удешевить и ускорить работы. Для термической обработки на прокатных станах достаточно установить охлаждающие устройства — резервуар и насосную станцию, вода при этом нагревается мало и почти не испаряется. Процесс не требует повторного нагрева металла, так как используется тепло, остающееся в металле после прокатки.

В комбинате "Криворожсталь", ставшем базой освоения нового процесса, металлурги за последнее десятилетие термически обработали свыше 1,5 миллионов тонн арматуры и дали народному хозяйству экономию 54 миллиона рублей. В промышленных масштабах такую арматуру изготовляют Западно-Сибирский, Череповецкий и Макеевский комбинаты.

Для магистральных газопроводов нужно много электросварных высокопрочных труб диаметром 1200 — 1400 миллиметров. Было предложено термически упрочнять их с отдельного нагрева. Сотни тысяч таких труб обрабатывают на Волжском трубном заводе. Экономия металла составляет 20 %.

Институт черной металлургии АН УССР в Днепропетровске разработал технологию упрочнения строительных профилей сложной конфигурации — балки, швеллеры, шахтную крепь. В тесном контакте с Днепропетровским металлургическим институтом испытана технология для 300-метровых швел-

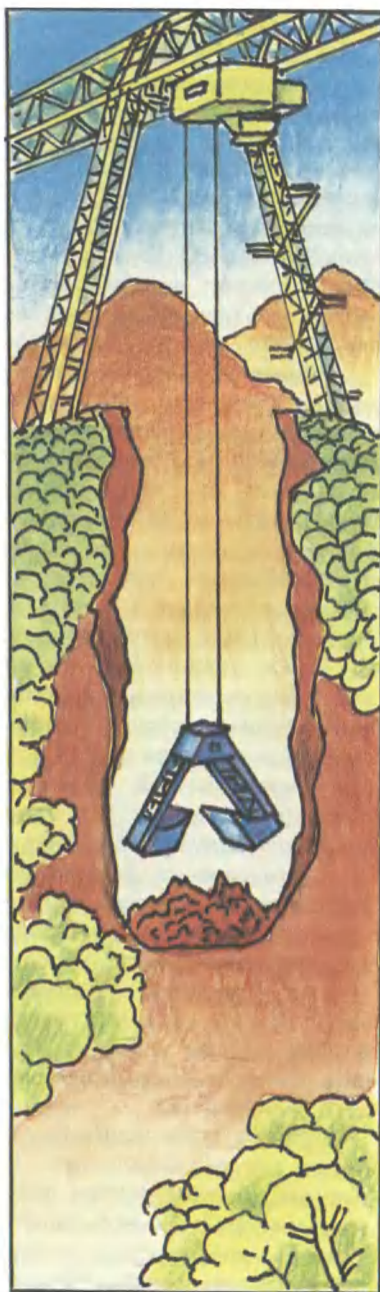
леров, рам мощных грузовиков "КрАЗ". Межремонтный пробег этих машин в тяжелых дорожных условиях повысился в 3 раза. Внедряется также технология термического упрочнения в потоке прокатки универсальной полосы на стане 1200 Днепропетровского завода им. Дзержинского. Это позволит народному хозяйству сберечь более 20 миллионов рублей.

В нашей стране отлажены в промышленных условиях способы упрочнения всех основных видов прокатных изделий. Созданы условия для их широкого применения.

Значительно продлить срок службы машин, приборов, строительных конструкций позволит другое открытие советских ученых, зарегистрированное Госкомитетом Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий. Сотрудники ЦНИИчермета В.К.Крицкая, В.А.Ильина и А.В.Нарков нашли новый метод закалки стали.

Открытие советских ученых позволит преодолеть одну из основных "болезней" сплава железо-углерод — потерю прочности. Это так называемая "усталость" стали. Ее основная причина — естественная потеря углерода в кристаллической решетке сплава. Чтобы восстановить в стали углерод, нужна еще одна закалка: высокий нагрев и затем резкое охлаждение. Однако этот процесс применяется лишь для небольших деталей.

Ученые установили, что зака-



ленная сталь может длительное время сохранять свою прочность, если ее предварительно облучить частицами высоких энергий — нейтронами, электронами или гамма-частицами. В этом случае углерод "не уходит" из кристаллической решетки основы закаленной стали. Обнаруженное явление позволит получить новые сплавы, сохраняющие длительное время высокие качества.

Весьма перспективно, в частности, упрочнение сталей с использованием скоростной электротермической обработки. Исследования в этой области были начаты до войны, однако физические основы нового метода сложились только в последние десятилетия. Специалисты Института металлофизики АН УССР установили, что при электронагреве возникают такие промежуточные структурные состояния и свойства стали, которые при обычной обработке получить не удастся. Это важно для многих случаев. В частности, при изготовлении высокопрочной канатной проволоки применение этого метода позволило повысить пластичность холодной проволоки без снижения прочности, а в перспективе в ряде случаев позволит изменить технологию сталепроволочного производства.

Первая промышленная проверка метода завершилась выпуском опытной партии канатов. Их испытания в Ильичевском морском порту и на киевском заводе "Больше-

вик" показали, что работоспособность подъемных механизмов с такими канатами значительно повысилась. На Волгоградском сталепроволочно-канатном заводе введен в действие агрегат термоупрочнения проволоки больших диаметров, применяемой для армирования железобетона. Это намного повысило прочность армируемых элементов и сэкономило металл.

Многие качественные параметры металла можно повысить, расширить их палитру. Путь к этому открыла сверхбыстрая закалка стали. В последнее время ускорились поиски возможных решений этой важной проблемы. В Институте металлургии им. А.А.Байкова АН СССР создана установка, на которой экспериментально подтверждены прогнозы о новых структурах металлов.

В опытном подразделении, где ведутся плавки со сверхбыстрой закалкой, в ковш-тигель закалочной установки загружают измельченный металл. Плавка ведется в условиях вакуума, в присутствии небольшой дозы гелия. Металл в тигле быстро расплавляется, и его тут же подают на рабочие валки установки.

Эксперимент завершен. В руках ученого отсвечивает серебристым блеском металлическая фольга с исключительно высокими механическими и физическими свойствами.

— На новой установке, — рассказывает один из авторов

разработки, — расплавленный металл охлаждается с невиданной скоростью: несколько миллионов градусов в секунду. Так что для охлаждения требуется буквально мгновение. Расплавленный металл из тигля попадает в тончайший зазор между двумя массивными валками и тут же подвергается формованию и резкому охлаждению. Валки делают несколько тысяч оборотов в минуту, а образующаяся фольга толщиной в сотые доли миллиметра вылетает из них со скоростью десятков метров в секунду.

В этих условиях атомы не успевают выстраиваться в присущие металлам кристаллические решетки. Сверхбыстрое охлаждение фиксирует "хаос атомов", свойственный расплавленному металлу. В результате получается аморфная структура, подобная стеклу. Обработанные сверхбыстрым охлаждением металлические сплавы обретают замечательные свойства. Их прочность, твердость во много раз выше, чем известных лучших марок стали. Резко возрастают электросопротивление, магнитные свойства.

Достигнув больших объемов по выплавке стали, производству проката и труб, металлургии страны взяли курс на структурную, качественную перестройку работы всей отрасли. Перед ними стоит задача улучшить качество и увеличить выпуск высокоэффективных видов металлопродукции.

ЭКОНОМИЯ МЕТАЛЛА

Дни и ночи жарко пылает огонь в домнах, конверторах и мартенах. Непрерывным потоком мчатся сквозь клетки прокатных станов раскаленные добела слитки, превращаясь в рельсы, трубы, листы. Успехи советской металлургии позволили вывести на передовые позиции наше машиностроение и транспорт, механизировать сельское хозяйство и добычу природных ресурсов, развернуть в небывалых масштабах промышленное и жилищное строительство. Однако увеличение производства машин и оборудования опережает рост выплавки металла. И потому, несмотря на быстрое развитие металлургии, металла не хватает.

В этих условиях все большее значение приобретает экономное расходование чугуна, стали, проката. Ведь при наших огромных масштабах производства сбережение всего лишь одного процента проката черных металлов в станкостроительной и инструментальной промышленности, например, сохраняется в таком количестве, которого хватит для изготовления 1,2 тысячи гидравлических прессов или 10 тысяч токарно-револьверных станков.

Академик Б.Е.Патон в статье "Дума о металле" писал, что жизнь заставляет перенести центр тяжести на резкое повышение качества стали и проката, на существенное расширение их

сортамента. Он предлагает создать так называемые центры обслуживания, иначе говоря, предприятия-посредники между производителями металла и его потребителями, в задачу которых входит доработка металлопродукции, то есть улучшение ее потребительских качеств.

Академик А.И.Целиков говорил, что в отечественных научно-исследовательских институтах, конструкторских бюро, на предприятиях рождаются идеи и замыслы, которые воплощаются в машины, подчас не имеющие аналогов за рубежом. Вот лишь один пример из многих. На Днепровском металлургическом заводе им. Дзержинского ввели в строй стан для прокатки выгонных осей. Агрегат создали машиностроители подмосковного города Электросталь по технологии, разработанной ВНИИметмашем и Днепровским металлургическим заводом.

Это первый в мире стан прокатки изделий оригинальным способом, ранее изготавливавшихся только путемковки. А ковать, значит затрачивать много металла и тяжелого физического труда. Новый же стан представляет собой автоматическую линию с полной механизацией всех операций. Он дает 350 тысяч осей в год. Его применение позволило не только увеличить производительность труда, но и сберечь немало металла. Ведь этот агрегат вдвое легче, чем, скажем, радиально-ковочная машина австрийского производ-

ства для обработки тех же осей, а производительность имеет в 4 раза выше.

Резервы у прокатчиков страны еще немалые. В СССР сейчас коэффициент загрузки мощностей по выпуску готового проката 0,95. А вот коэффициент его использования 0,72. Поэтому металлурги упорно работают над тем, чтобы уменьшить толщину листового металла, значительно увеличить выпуск изделий с минусовым допуском и проката новых промежуточных размеров. Это позволит сберечь как минимум треть черных металлов в сравнении с традиционными видами конечной продукции отрасли.

Большие резервы таит в себе и новая технология обработки проката. В частности, применение штамповки и прессования вместо резания позволяет при обработке каждого миллиона тонн готового проката сберечь и высвободить на другие работы 20 тысяч рабочих и сберечь 15 тысяч станков.

По мнению ученых Института металлургии АН СССР, одним из наиболее важных показателей, характеризующих качество проката, является точность его размеров. Невозможно выпустить прокатное изделие, размеры которого в точности соответствовали бы стандарту: какие-то отклонения обязательно будут. Поэтому в стандартах на прокат предусматриваются максимальные допуски — плюсовые и минусовые, за которые металлур-

ги не имеют права переходить. Плюсовые допуски выгодны прокатчикам, если учет их работы вести по массе продукции в тоннах, и эти же плюсовые допуски повышают вес машин и сооружений, вызывают неоправданные трудозатраты и потери металла в стружку при механической обработке деталей. Поэтому давно возникла идея: выдавать прокат только с минусовыми допусками. Для народного хозяйства это десятки тысяч тонн сэкономленного металла. Однако реализация этой идеи связана на заводах с огромными техническими и организационными трудностями. Решение сложнейшей задачи оказалось по плечу флагману отечественной металлургии — Магнитогорскому металлургическому комбинату.

На Магнитке впервые в стране наладили массовое производство широкого сортамента проката с минусовыми допусками и сдачу его потребителям по теоретическому весу. Это значит, что, скажем, листовая сталь номинальной толщины 8 миллиметров фактически поставляется потребителям толщиной 7,3 — 7,7 миллиметра.

Опыт Магнитки нашел широкое распространение на предприятиях отрасли. В 1980 году производство проката с минусовыми допусками достигло 45 миллионов тонн. Кстати сказать, массовый переход прокатчиков на работу с минусовыми допусками послужил основой для ужесточения ГОСТов на такие

важные виды продукции, как круглая, квадратная, арматурная, полосовая, угловая и листовая сталь, а также на балки и швеллеры.

Производственное объединение "Ижсталь" им. 50-летия СССР изготавливает стальные фасонные точные профили. Ежегодно здесь производят свыше трех тысяч наименований продукции, которую закупают более 200 предприятий. Удмуртские металлурги порадовали проходчиков недр страны, наладив в 1983 году выпуск более надежной стали для производства долот. Таким буровым оборудованием можно пробивать скважины на большой скорости при уменьшении всех затрат. Инструментальщики по достоинству оценили биметаллические заготовки, которые позволили наполовину сократить расход дорогостоящей быстрорежущей стали для инструмента.

Что дает машиностроителям применение точных профилей? Металл всевозможных конфигураций — треугольник, квадрат, круг, эллипс, сегмент, винт... И каждый до минимума сводит механическую обработку, до максимума приближает профиль к готовой детали.

По подсчетам специалистов, каждые 2 тонны стальных фасонных профилей средней сложности высвобождают на машиностроительных предприятиях одного станочника, снижают трудоемкость на 1,5 тысячи нормо-часов. А сколько можно сде-

лать дополнительных деталей из сбереженного при этом металла!

Конечно, без помощи науки комплекс проблем, связанных с развитием производства и освоением готовой продукции, не решить. Ижевские металлурги связаны с десятком научно-исследовательских институтов страны. Совместно с сотрудниками Физико-технического института АН БССР они разработали способ горячего гидродинамического выдавливания прессового и волочильного инструментов. Это позволило в несколько раз снизить трудоемкость его изготовления, резко сократить расход дорогостоящих инструментальных сталей. Впервые в мировой практике ижевцы наладили выпуск винтовых профилей методом горячего прессования.

Производство таких прогрессивных стальных заготовок, максимально приближенных к готовым изделиям, значительно расширяет возможности создателей современных машин и оборудования. Ижевские металлурги, например, выпускают профили с внутренними каналами для получения сверл. Эффективность новинки станет понятна, если учесть, что около 20% станочного парка машиностроительных заводов составляют сверлильные агрегаты.

В объединении "Ижсталь" внедрили самую современную технологию производства точных заготовок методами проката, прессования, волочения. Стальные профили из Удмуртии

практически не требуют механической обработки, их применение в машиностроении позволяет постоянно снижать металлоемкость изделий. С освоением проектных мощностей нового стана 300, пущенного на предприятии, выпуск прогрессивных заготовок возрос в 1,5 раза.

За последние годы металлурги страны немало сделали для снижения отходов и увеличения выхода прокатных изделий из одного и того же количества стали. Черная металлургия все больше "прислушивается" к конкретным запросам и нуждам потребляющих отраслей. Так, сортамент экономичных фасонных профилей для автомобильной промышленности за последние годы расширился вдвое. В 2 — 3 раза увеличился выпуск проката специального назначения для предприятий тракторного и сельскохозяйственного, строительного и дорожного, энергетического и транспортного машиностроения.

В свете задач, которые предстоит решать, следует отметить, что возможности экономии металла внутри хорошо организованного металлургического предприятия в основном уже исчерпаны. Сегодня нужно вести речь не об отдельных машинах, а о качественной перестройке, обновлении комплекса механизмов, машин и агрегатов, обеспечивающих металлургический цикл. Недостаточно, когда в старой цепи появляются одно — два новых звена. По данным члена-

корреспондента АН СССР Г.Л. Химича, при ныне действующей технологии с ее промежуточными операциями из каждой тонны жидкого металла в среднем выходит 650 — 750 килограммов готового проката. Если же внедрить полный комплекс непрерывности, то выход металла из каждой тонны стали можно довести до 850 — 950 килограммов. Применяя прогрессивную технологию в масштабах страны, можно получить дополнительно около 25 миллионов тонн металлопродукции.

БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Полное осуществление технологических процессов, рождающихся в ходе НТР, возможно лишь на заводе будущего. Это будет производство, использующее все сырье и материалы, не допускающее не только потерь, но и исключаящее загрязнение окружающей среды. На этом заводе коренным образом изменятся условия труда металлургов. Действующие же цехи имеют пока весьма нелегкий "микроклимат": высокие температуры, загазованность на многих участках, повышенный уровень шума и вибрации. Новый, более высокий уровень техники производства будущего окажет свое влияние и на характер труда металлургов, предъявит повышенные требования к уровню их подготовки. В конечном итоге все это можно осуществить только на заводе-автомате с последую-

щей автоматизацией отрасли в целом и подключением ее на завершающем этапе к АСУ всего народного хозяйства страны.

При осуществлении этой цели возникает немало проблем. Одной из важных является снижение материалоемкости производства за счет комплексного и полного использования сырья и материалов.

Проблеме защиты окружающей среды много внимания уделяется в нашей стране. По мнению советских ученых, загрязнение природы нельзя считать следствием НТР и научно-технического прогресса. Это является результатом их пока еще неполного, недостаточного развития. Чем полнее и всестороннее пойдет развитие НТР, тем меньше будет отрицательных и вредных последствий.

Возможности научно-технического прогресса позволяют уже сейчас думать не только об очистке отходов, но и о том, чтобы их вообще не было. Важным направлением решения этой задачи является разработка новой технологии. Прежде всего — это маловодный и маловоздушный, безводный и безвоздушный технологические циклы. Сюда же относятся и использование воды и воздуха в замкнутых циклах.

Проблема очистки сбрасываемых вод от фенолов весьма эффективно решается с использованием сорбционных и экстракционных методов в пределах локальных схем очистки. Совершенствуя методы охлаждения

оборудования и металла, создавая рациональные схемы водоснабжения, достигли резкого сокращения расходов воды в прокатном производстве. Так, например, на прокатном стане 2000 Череповецкого металлургического комбината количество сточных вод, выводимых на очистку, сокращается в 2 раза.

Донецкие ученые использовали для охраны окружающей среды магнитное поле. По их проекту на Макеевском металлургическом комбинате им. С.М. Кирова создана система обратного водоснабжения очистных сооружений мартеновского цеха. Она предотвращает выбросы пыли в атмосферу и сброс загрязненной воды. Магнитные поля собирают в комочки мельчайшие частицы, от которых не удалось освободить воду в традиционных отстойниках. Они выпадают в осадок, и чистая вода снова возвращается в производство. Удалось решить и другую сложную проблему — нейтрализовать воду от химических соединений, которые разъедают трубы коммуникаций.

Новая система значительно увеличила срок службы трубопроводов. Очищая стоки, здесь получают ежедневно до 80 тонн металлосодержащих примесей, которые идут как добавки в агломерат.

Важной проблемой при создании безотходной технологии является комплексное использование природных ресурсов, что приносит народному хозяйству

огромные выгоды. К примеру, на базе железорудного карьера, кроме металлургического сырья, можно давать из вскрышных пород продукцию для строителей и химиков. С крупными горными предприятиями соседствуют более мелкие, добывающие сырье аналогичное или близкое по свойствам выброшенному в отвалы. Но если попутные породы будут переработаны и продукция из них отправлена потребителям, то надобность в дополнительных земельных отводах отпадет. Получается двойная экономия угодий. Рациональное природопользование повышает производительность общественного труда без дополнительных усилий и затрат.

Проектирование завода-автомата сначала казалось делом легким. Но со временем стало очевидным, что процесс соединения наилучших достижений техники современности не приводит к успеху. Дело в том, что завод-автомат будет действовать в завтрашнем дне и он не может быть простым соединением, хотя и посредством автоматической системы существующих металлургических процессов. Иначе это будет каждый раз неполная автоматизация.

Последние успехи в области металлургии позволяют думать о создании завода-автомата с использованием прогрессивных технологических процессов, включающих элемент непрерывности, применение высоких тем-

ператур реакций и высоких скоростей проката.

Перевод сталеплавильного передела, разделяющего непрерывность других металлургических участков, на непрерывный процесс революционизирует не только этот передел, но и металлургическое производство в целом, открывая путь к созданию сквозной поточной линии завода-автомата. От такой замены существующего циклического производства непрерывным можно ожидать резкого сокращения капиталовложений, полной автоматизации производства, повышения производительности труда, качества и однородности продукции.

Непрерывный процесс дает наилучшие результаты при длительной бесперебойной работе агрегата, а любая частная неполадка дезорганизует работу всей линии и обычно ведет к браку продукции, в то время как в циклическом процессе это может вызвать лишь задержку ее выдачи. Отсюда важнейшее требование — высокая надежность и стойкость оборудования агрегата, согласованность работы смежных звеньев. Лишь научно-технические достижения последнего времени создают предпосылки для выполнения таких требований.

В будущий завод-автомат могут входить: фабрика-автомат по производству металлизированных окатышей методом прямого восстановления с высокой степенью металлизации; агрегат не-



прерывного получения стали из этих окатышей с использованием электротехнологии, прежде всего плазмы. Поток готового металла поступает в машину непрерывного литья и заготовок, связанную напрямую с литейно-прокатным комплексом высокой производительности, выдающим готовую продукцию — разнообразный прокат нужных профилей. При этом должны быть налажены комплексное использование всех материалов и сырья; полная утилизация тепловых отходов; поглощение всех отходов с последующим использованием; замкнутый круговорот водного цикла, что должно обеспечить полную защиту окружающей среды и создание нужного микроклимата внутри цехов.

На таком заводе все остальные процессы могут осуществляться лишь при использовании электронно-вычислительной техники, обеспечивающей наиболее оптимальный вариант организации технологических процессов. Люди на этом производстве выполняют роль операторов, наладчиков, рационализаторов и изобретателей. Главная их цель — дальнейшее совершенствование предложенной схемы процесса. На их долю выпадает творческий труд в самом высоком значении этого слова.

Завод-автомат явится шагом на пути к конечной цели НТР — созданию комплексно-автоматизированного производства в масштабах отрасли и общества. Те-

оретически вопрос об осуществимости непрерывного производства проката, начиная с руды, изучается и разрабатывается во многих деталях. Дело за группами внедрения, которые должны воплотить в жизнь расчеты и теоретические размышления ученых. Таков путь осуществления НТР в металлургии.

БУДУЩЕЕ ЖЕЛЕЗА

ЖЕЛЕЗО И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Авторы международного свода прогнозов "Мир в 2000 году" заявляют, что в 2080 году будет выплавлено около 5 миллиардов тонн стали, что явится кульминационной точкой в мировом производстве этого металла. Они предсказывают существенное сокращение объема производства металла. Даже если это будет так, то в течение предстоящего столетия ожидается постоянный рост производства стали, не может быть внезапного прекращения металлургического производства. Вопросы совершенствования технологических процессов будут всегда волновать металлургов.

Однако одного этого факта для серьезного разговора о далеких перспективах развития металлургии недостаточно. Следует рассмотреть возможную структуру потребления конструкционных материалов в будущем и место, которое среди них зани-

мает железо, точнее сплавы на его основе, причем срок дальних перспектив определять не столетиями, а где-то за пределами ближайших двух — трех десятилетий.

Уже несколько десятилетий утверждают, что человечество из железного века вступит в эпоху новых материалов. В 20—30-х годах надежды возлагали на легкие металлы, в последние годы — на химические материалы. Легкие металлы (алюминий, позднее магний и титан) сегодня все еще играют второстепенную роль.

По мнению экспертов Комитета черной металлургии при Европейской экономической комиссии ООН, доля замены черных металлов (5,1%) означает, что в условиях отсутствия конкуренции со стороны других материалов потребление чугуна и стали было бы выше на эту величину.

В СССР доля черных металлов, ежегодно высвобождаемых пластмассами, составляет менее 1% объема потребляемого металла. Для замены черных и цветных металлов используют около одной четверти ресурсов пластмасс, и они заменяют наиболее дефицитные и дорогостоящие виды тяжелых цветных и никельсодержащих сплавов, стальных труб.

В обзоре 150 экспертных оценок наиболее вероятных направлений развития технологии производства различных материалов рассмотрены проблемы,

вытекающие из изменяющейся ситуации с потреблением энергии. В этой связи выдвинуты четыре основных принципа: из-за дефицита сырья и энергии должен резко возрасти объем производства экономичных прокатных профилей и других аналогичных изделий, например получаемых методами порошковой металлургии; большое развитие получают прецизионные методыковки, литья; большие перспективы у методов придания поверхности особых свойств при сохранении обычного уровня свойств в объеме изделий; таким путем создают материалы, устойчивые к коррозии и эрозии; совершенно новые области производства возникнут в результате развития методов получения таких материалов, как карбиды и нитриды, которые успешно конкурируют в промышленности с естественными минералами.

Производители стали видят ключевые направления развития в электрошлаковом переплаве сплавов и нержавеющей стали, в дальнейшем усовершенствовании и расширении сферы потребления ферритных и аустенитных сталей в новых изделиях с покрытием по заказам автомобилестроения. При исследовании стали с помощью новейших методов и инструментов, например электронного микроскопа, обнаружили ранее неизвестные тонкие структуры современных сталей с удивительными свойствами, которые ме-

няют коренные представления о возможностях этого материала.

Исходя из известных прогнозов, можно уверенно утверждать, что и в ближайшие 2 — 3 десятилетия ожидается устойчивое и значительное производство черных металлов и прежде всего стали. При предполагаемых количествах получения черных металлов вызывает особую заботу сырьевая проблема. Сталь как конструкционный материал сохраняет свое значение на длительный срок.

ПРОБЛЕМА СЫРЬЯ

Стремительно развивающаяся цивилизация основана на все возрастающем потреблении полезных ископаемых, а благосостояние и высокий жизненный уровень людей во многом зависят от того количества энергии и материалов, которое общество способно извлечь из подземных кладовых. Сегодня человек использует более 150 видов минерального сырья, из которых привлекает почти 70 элементов таблицы Менделеева. Подсчитано, что за время после второй мировой войны человечество потребило минеральных ресурсов больше, чем за всю предшествующую историю.

Такой резкий рост, во многом обусловленный научно-технической революцией, позволил экономически развитым странам добиться колоссальных успехов в промышленном и научно-техническом развитии.

Стремительно растущий промышленный потенциал потребовал все большего количества сырья, причем нередко новых видов. В ожидании значительного роста производства черных металлов производятся подсчеты сырьевых ресурсов нашей планеты.

Много самых разных прогнозов о будущем сырьевой базы черной металлургии можно встретить в технической литературе и периодике. Эти прогнозы проникнуты беспокойством о сырьевом обеспечении все возрастающего производства металлов.

Уязвимая сторона прогнозов материальных ресурсов в том, что современные приемы хозяйствования, технологии сегодняшнего дня механически переносятся в будущее. Но вся история человечества свидетельствует о том, что в орбиту производственной деятельности включаются все новые и новые ресурсы, а технология непрерывно совершенствуется и развивается.

Концепции "грядущего сырьевого и энергетического голода", "гибели природы", "нулевого роста экономики" и другие крайне пессимистические прогнозы западных "пророков" не отвечают действительности. Они выгодны тем, кто стремится к обострению международной обстановки, кто рвется к минеральным и сырьевым богатствам чужих стран.

Советские экономисты и геологи, исходя из того, что человечеством еще далеко не исполь-

зованы возможности наращивания минерально-сырьевых ресурсов. Разведанные запасы полезных ископаемых могут быть существенно увеличены за счет открытия новых месторождений на суше и морском дне, более рационального использования сырья, развития научно-технического прогресса в поисках, разведке, добыче и переработке полезных ископаемых.

Надо еще учесть, что запасы запасам рознь. Они могут быть разного качества, детально или плохо изучены, расположены в благоприятных экономико-географических условиях или в необжитых труднодоступных районах, залегают на большой глубине. И те ресурсы, которые сегодня использовать технически невозможно или экономически нецелесообразно, завтра могут пойти в дело.

Главным сырьем для черной металлургии является железная руда. Мировая потребность в железорудном сырье удваивается каждые 15 лет. В среднем, по общим цифрам мировых запасов железной руды, все благополучно.

Мировые запасы железных руд, не считая бедных, составляют около 500 миллиардов тонн. Даже при возможном росте производства стали в 2000 году до 1500 — 3000 миллионов тонн руды в целом хватит на несколько столетий. Но надо учесть, что запасы железных руд на земном шаре размещаются неравномерно. Все больше возрастает

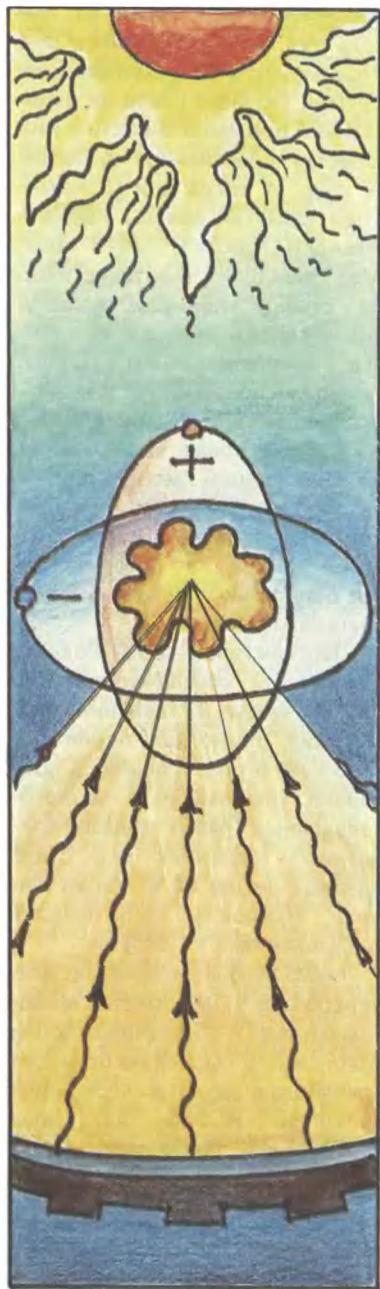
зависимость ряда стран от импорта руд. Особенно много руд импортируется из развивающихся стран. По мере роста их национальной промышленности в них возрастает собственное потребление руд. И тогда могут повториться события времен "энергетического кризиса" 1973 года, когда ведущие капиталистические страны подняли панику, увидев только призрак возможного энергетического голода. Это может повториться и в форме железорудного кризиса, но уже не как новая возможность для спекуляций монополий, а как суровая реальность. Ни одна из высокоразвитых капиталистических стран не обеспечивает себя полностью собственным минеральным сырьем.

Перспективы нашей Родины в сырьевом обеспечении, даже и с расчетом на дальние перспективы, более благоприятны.

В результате успешного проведения планомерных геолого-разведочных работ запасы разведанных железных руд СССР содержат около 30 % общих мировых запасов и 45 % запасов промышленных категорий¹.

Наша страна располагает всеми необходимыми полезными ископаемыми, обеспечивающими независимую сырьевую базу для дальнейшего развития черной металлургии. И тем не менее для нас все более актуальной

¹ Зусман Л.Л. Кругооборот металлов в народном хозяйстве СССР. М.: Металлургия, 1978, с. 35.



становится проблема рационального и комплексного использования недр и их охрана. Это диктуется необходимостью повышения экономичности использования сырья.

Сейчас говорят: дороги науки и прогресса ведут в космос, на дно океанов, в толщу земли. Да, НТР раздвигает границы деятельности человека. В далекой перспективе все названные направления можно реально считать надежными источниками сырья.

Разведка недр показывает, что железные руды в Кривбассе есть и на глубине более 2,5 километра. Там руда содержит до 68 % железа и ее можно сразу подавать в агрегаты. На руднике "Первомайском" заложена первая из сверхглубинных шахт (1500 метров. Таких шахт еще в мире никто не строил).

Дно морей и океанов является потенциальным рудником нашей планеты на многие десятилетия. Понадобится сложная техника для извлечения всех элементов из этих кладовых. Здесь человек должен вложить не меньше выдумки, фантазии и труда, чем он вкладывает в освоение космоса. Но и выгода от освоения океанских богатств в длительной перспективе ожидается не менее значительной, чем освоение космического пространства.

Весь наш разговор о сырьевом обеспечении металлургии будущего исходит из наличия и возможных запасов рудных

месторождений разных металлов. В таком случае все ценные, крупные и доступные залежи будут выработаны когда-то в будущем. При подсчете устанавливают сроки истощения отдельных полезных ископаемых: от десятилетий до столетий. Есть ли выход из столь сложной ситуации, хотя бы в далеком будущем?

В трудах геохимика В.И. Вернадского есть на этот счет исключительно важное замечание: "Химическая работа человечества должна сделаться интенсивнее; оно будет вынуждено концентрировать руды, т.е. быстро производить природную геологическую работу, идущую медленно — веками и тысячелетиями"¹.

У человека появляется выход: ускорять и направлять течение геохимических процессов, искусственно создавать в земной коре месторождения полезных ископаемых. Пока круг подобных искусственных месторождений еще очень узок и охватывает прежде всего соли: поваренную — минерал галит и сульфат натрия — мирабилит. Но уже появилась новая отрасль техники, использующая возможности регуляции процессов, идущих в земной коре и на земной поверхности — геотехнология.

Таким образом, в ходе развития НТР человечество всегда

будет обеспечивать себя надежной сырьевой базой, используя для этого различные источники и способы в зависимости от достигнутого уровня науки и техники.

АТОМНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Наряду с сырьевой проблемой немалую озабоченность вызывает энергетическое обеспечение металлургических процессов. Некоторые ученые считают, что "узким местом" в производстве металла является не природное сырье, а прежде всего энергетические мощности, поставленные на службу общества. По мере увеличения выработки энергии и совершенствования химической технологии меняется само понятие о природе сырья. Важнейшие материалы в любом количестве можно получать из самых обыкновенных горных пород. Например, известно предложение академика Д.И.Щербакова о базальтовой металлургии. Однако экономичность при этом обеспечивается лишь при наличии большого количества дешевой энергии.

Потребность в большом количестве энергии в век НТР резко возрастает: на Земле она удваивается каждые 8 — 9 лет. Надежда на атомную энергию, которая сможет удовлетворить требования, предъявляемые общим ростом производительных сил, предоставить неограниченные источники энергии.

На вопрос, каковы основные

¹ Баландин Р. Вернадский: жизнь, смерть, бессмертие. М.: Знание, 1979, с. 158.

черты атомного века, связанные с атомной энергетикой, но выходящие за ее пределы, профессор Б.Г.Кузнецов отвечает, что для промышленной технологии и для связи "резонансный эффект" атомной энергетики состоит в широком использовании квантовой электроники и в особенности лазеров. Можно предположить, что в 2000 году, когда атомная энергетика станет основной составляющей баланса электроэнергии, квантовая электроника станет главным орудием технологического воздействия на материал, будет создавать сверхтвердые поверхности, преобразовывать структуру кристаллической решетки, а может быть обеспечивать также гораздо более экономичные методы преобразования и передачи энергии.

В своих прогнозах специалисты исходят из предположения, что стоимость тепла, полученного в высокотемпературных ядерных реакторах с газовым охлаждением, будет более низкая, чем стоимость тепла, получаемого при сжигании химического топлива, а стоимость электроэнергии ядерной энергетической установки (ЯЭУ) будет составлять все меньшую часть стоимости электроэнергии обычных электростанций, работающих на угле или мазуте.

Как показывают расчеты, преобразование тепловой энергии в электрическую, а затем снова в тепловую в металлургическом производстве приводит к потере 60 — 70% первичной

энергии. Вот, чем оправдано стремление к непосредственному использованию выделяемой в атомном реакторе энергии в ее первичном виде. Препятствием служит то, что в реакторе с газовым охлаждением можно рассчитывать на температуру охладителя 500 — 750°C, что весьма ограничивает его применение в металлургии. Для восстановления железа температура газа должна быть не ниже 1000°C.

Последние достижения в области разработки высокотемпературных реакторов в СССР и за рубежом позволяют уже в настоящее время расширить диапазон температур, получаемых в результате применения ЯЭУ, до 1200 — 1600°C. Не исключается в дальнейшем возможность применения в реакторе такого типа в качестве размножителя ядерного топлива с временем удвоения около трех лет, что создает новые предпосылки для снижения стоимости тепла и электроэнергии, получаемых с ЯЭУ.

В ФРГ испытывался небольшой опытный реактор, в котором для охлаждения использовался гелий при давлении 3 — 4 МПа и достигалась температура охладителя до 850°C. Была даже достигнута кратковременная пиковая температура охладителя 1000°C и предполагают, что можно ее поднять до 1200°C и даже до температур, превосходящих температуру плавления чугуна и стали.

Наиболее удовлетворитель-

ные результаты возможны в случае, когда атомную энергию удастся применить в виде тепловой и одновременно электрической, получаемой от использования в тепловых процессах ресурсов энергии.

В металлургии тепло охлаждающего реактор газа может быть использовано для получения восстановительной газовой смеси газификацией твердого топлива или конвертированием (изменение состава) природного газа либо жидкого топлива, а также как источник тепла для производства губчатого железа, агломерации руд, производства окатышей, нагрева дутья. Электроэнергию, полученную в реакторе, можно использовать в электропечном производстве ферросплавов или для получения стали из губчатого железа, производства кислорода и восстановителей.

В промышленно развитых странах — СССР, Японии, ФРГ, Англии — в разработанных проектах рассматривают два основных технологических комплекса с применением ЯЭУ: доменная печь — конвертор; установка прямого восстановления железа — электропечь.

В одном из вариантов компоновки ядерного реактора с доменной печью для приготовления восстановительного газа рекомендуют использовать доменный газ, который поступает в теплообменник и нагревается до 1300°C теплом гелия, охлаждающего ядерный реактор. Из теп-

лообменника охлажденный гелий возвращается в ядерный реактор, а нагретый доменный газ направляется в камеру приготовления восстановительного газа. Здесь доменный газ проходит через слой низкачественного угля. В результате реакции образуется восстановительный газ, вдуваемый затем в доменную печь. Предполагают, что один реактор сможет при этом обеспечить теплом 2 — 3 доменные печи. Вырабатываемую им электроэнергию можно будет использовать на том же металлургическом заводе для производства кислорода, в электропечах, прокатных цехах. Применение восстановительного газа, нагретого теплом ядерного реактора до высокой температуры, позволит, по предварительным расчетам, снизить наполовину удельный расход кокса в доменной печи.

Вышеописанное вполне осуществимо в текущем столетии, а в более далекой перспективе использование ЯЭУ вероятнее в производстве губчатого железа. При этом установки для производства губчатого железа и выработки электроэнергии, а также ядерный реактор представят единый производственный комплекс. Температура гелия на выходе из реактора при восстановлении природным газом должна составить 900°C , а при твердом восстановителе (кокс, каменный уголь, бурый уголь) 1200°C . Тепло от ядерного реактора используется для конверсии при-

родного газа, нагрева восстановительного газа, производства пара. В этих проектах предполагается выплавлять сталь в электропечах и опять-таки с использованием электроэнергии, полученной в ядерном реакторе.

Несмотря на встретившиеся трудности, комплексное изучение проблемы применения ядерной энергетической установки в черной металлургии показывает, что разработка и расширение видов технологии, которые могут быть переведены на ядерную энергию, являются одним из важных направлений научно-технического прогресса в металлургии на длительную перспективу.

СОЛНЕЧНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Жолио-Кюри считал, что проблема использования лучистой энергии Солнца более важна, чем даже освоение атомной энергии. Солнечная энергетика — реальность наших дней.

В настоящее время, когда технический прогресс требует новых источников энергии и когда остро стоит вопрос экономии природных энергетических ресурсов, большое значение придается использованию солнечной энергии. Уже сейчас области ее применения достаточно широки: от нагревательных приборов до опреснительных установок и электростанций. Однако бесплатная солнечная энергия пока еще дорого стоит. Слишком сложны гелиоустановки, мал их к.п.д.

И тем не менее установки появляются.

А каковы перспективы гелиотехники в металлургии?

Современная солнечная печь — это гелиоустановка, предназначенная для плавки и термической обработки материалов. Рабочие температуры в ней 2300 — 3000°C. Применяют ее при обработке материалов в особо стерильных условиях, исключая внесение примесей в обрабатываемый материал.

Одна из наиболее крупных солнечных печей мощностью 1200 кВт построена во Франции в Одийло. Похожие на отполированные щиты 63 плоских гелиостата-отражателя направляют солнечные лучи к зеркалу печи. Диаметр зеркала равен высоте 18-этажного дома! Не удивительно, что в фокусе такого зеркала можно получить температуру свыше 3000°C.

Чтобы собрать в пучок солнечные лучи и направить их в одну точку, понадобились сложные механизмы и огромные площади: 20 840 зеркал собирают прямое солнечное излучение с площади 20 тысяч квадратных метров. Лучи Солнца гелиостаты направляют на неподвижное параболическое зеркало. Оно собирает и направляет лучи в одну точку, накаляя печь до температуры свыше 3000°C. Сравните: на Солнце температура 6000°C.

Что же "варят" в печи? Первым делом — тугоплавкие металлы. Печь, например, может выдать за смену до 1 тонны

оксици циркония. Разрабатываются способы превращения термической энергии в электрическую. Во Франции и во многих странах мира, в том числе и в нашей стране, идет интенсивный поиск путей использования солнечной энергии.

Еще в начале 60-х годов в Ташкенте была создана солнечная печь. Около нее слева находился оптический прибор — гелиостат, который отраженные от зеркал солнечные лучи собирал в пучок. Справа находилось параболическое зеркало диаметром 2 метра. Ориентируясь по Солнцу, гелиостат направляет пучок параллельных лучей на зеркало, которое концентрирует их в кружок диаметром 14 — 16 миллиметров. Здесь создается температура 3000°C и выше. На этой гелиоустановке проводились опыты по резке и сварке металлов.

Солнечные печи имеют особые, совершенно исключительные преимущества для выполнения тонких регулируемых процессов плавки металлов высокой чистоты. Здесь процесс нагрева не связан с наличием электрических или магнитных полей, отсутствует в них контакт обогреваемого объекта с продуктами сгорания. Нагрев в солнечной печи можно вести в вакууме или любой контролируемой газовой среде. В ней металл не вступает в нежелательные химические реакции с другими веществами в отличие от обычной электропечи.

В поселке Кацивели близ Симеиза, где в году солнечных дней наибольшее число, начато строительство гелиоцентра Института проблем материаловедения АН УССР. Ученые решили "поручить" Солнцу плавить сверхчистые металлы. Здание и оборудование будут установлены на холмах, гелиостаты, словно шляпки подсолнечника, будут постоянно следить за Солнцем, поворачиваясь вокруг своей оси. Температура в фокусе параболических зеркал достигает 3500°C. Это позволит плавить металл химически чистый.

Ученые Ереванских отделений ВНИИ ПКТИ источников тока и ВНИИ кабельной промышленности за создание импульсной гелиоустановки старения материалов получили золотую медаль на международной Лейпцигской ярмарке.

В ходе теоретических и экспериментальных разработок, проведенных в СССР, Японии, США и других странах, получены данные, достаточные для того, чтобы внедрить высокотемпературные установки в исследовательскую и полупромышленную практику.

Группа американских ученых под руководством Литла занималась изучением технических возможностей и экономических аспектов осуществления проекта, который описан многими фантастами. Он заключается в использовании крупных спутников, вращающихся на стацио-

нарных орбитах на высоте около 32 тысяч километров, для передачи на Землю электроэнергии. Гигантских размеров зеркало, установленное на спутнике, должно собирать энергию солнечных лучей, превращать ее с помощью специального бортового оборудования в электроэнергию, а затем передавать на поверхность Земли в виде луча микроволн. В США, например, намечена программа для изучения основных технических аспектов проблемы,

среди которых точность управления микроволн новым лучом и удержание станции на постоянной орбите.

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 металл-труженика. Он еще долго будет служить человечеству.

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:

Беккерт М. Мир металла. М.: Мир, 1980.

Беккерт М. Железо. Факты и легенды: Пер. с англ. М.: Металлургия, 1984.

Венецкий С.И. Рассказы о металлах. 3-е изд., доп. М.: Металлургия, 1978.

Венецкий С.И. В мире металлов. М.: Металлургия, 1982.

Гуревич Ю.Г. Тайна крылатого коня. Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1980.

Манохин А.И. Основа основ. М.: Советская Россия, 1981.

Мезенин Н.А. Повесть о мастерах железного дела. М.: Знание, 1973.

Мезенин Н.А. Уральский металл. М.: Металлургия, 1981.

Метаморфозы "огненной профессии". / Сост. *В.Тархановский*. М.: Знание, 1983.

Штремель М.А. Инженер в лаборатории. М.: Металлургия, 1983.

**Николай Александрович
МЕЗЕНИН**

**ЗАНИМАТЕЛЬНО
О ЖЕЛЕЗЕ**

Редактор издательства
С.А. Чистякова
Художественный редактор
А.А. Якубенко
Технические редакторы
Е.К. Астафьева, В.М. Курпьева
Корректоры
И.Д. Король, В.С. Колганова

ИБ № 2876
Подписано в печать 25.11.85 Т—17489
Формат бумаги 84X108 1/32
Бумага офсетная № 1
Печать офсетная
Усл.печ.л. 11,0 Усл. кр.-отт. 37,4
Уч.-изд. л. 11,58 Тираж 90000 экз.
Заказ 58 Цена 75 к.
Изд. № 1162

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Металлургия", 119857,
ГСП, Москва, Г-34, 2-й Обыденский
пер., д. 14

Областная книжная типография
320091, Днепропетровск
ул. Горького, 20

Занимательно о железе

Книга рассказывает о железе — металле, который получают и обрабатывают металлурги многих специальностей. Читатель встретит в книге любопытные сведения о свойствах железа и его сплавов, узнает "биографии железных вещей", познакомится со старинными легендами о железе, с некоторыми новейшими профессиями, с ролью железа в научно-технической революции, заглянет в будущее металлургии.



«МЕТАЛЛУРГИЯ»